

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO  
"HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA"  
CENTRO DE ESTUDIOS DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
(CEMARNA)

***Índices Ambientales para la construcción de vías***

*Caso de estudio Paso Lateral de San Antonio*

*(Vía Tosagua – Chone KM 11+600 – 15+000)*

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en "Gestión Ambiental".

Mención "Evaluación del Impacto Ambiental".

Autor: Jaime Adrián Peralta Delgado

Tutor (a): Dr. Haydee Álvarez Goris

## RESUMEN

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) tiene aspectos metodológicos similares en los distintos países, aunque su contenido y extensión se adaptan al contexto local y regional. Las normas y las legislaciones ambientales cambian y los métodos y procedimientos para resolver los problemas ecológicos no son uniformes en absoluto y al ser la Evaluación de Impacto Ambiental, es un proceso sistemático de estudio y evaluación multidisciplinaria para identificar, predecir, manejar, evaluar e informar de los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, que incluye información detallada sobre el sistema de monitoreo y las medidas que deben ser consideradas para evitar o disminuir al mínimo los efectos negativos o realzar los positivos según proceda.

Por lo que en el presente trabajo se proponen, después de una búsqueda y compatibilización tanto en la bibliografía nacional e internacional como en las leyes ecuatorianas vigentes, los índices que mejor pueden representar al medio para su utilización en la planificación y el proyecto vial, así como el análisis de distintos métodos y modelos de previsión de impactos utilizados por diferentes países e instituciones valorando las consideraciones que se establecen en cada uno de ellos para su posible utilización en Ecuador; se exponen también las principales alteraciones que las diversas acciones de proyecto provocan sobre los factores del medio potencialmente impactados.

Además se detallan los indicadores de impacto y se propone una metodología para su utilización en los diferentes proyectos viales en el Ecuador, a través del caso de estudio "Paso Lateral de San Antonio", que pertenece a la vía Tosagua – Chone (PK 11+600 – PK 15+000) ayudando de esta manera a las diferentes instituciones que tienen a su cargo los proyectos viales.

## INDICE

### CAPITULO 1

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2. OBJETIVOS .....	5
1.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACION .....	5
1.4. METODO DE INVESTIGACION DESARROLLADO .....	6
1.5. APORTES DEL TRABAJO .....	6

### CAPITULO 2

<b>2. SELECCIÓN DE INDICES AMBIENTALES PARA SU UTILIZACION EN EL DISEÑO VIAL .....</b>	<b>1</b>
2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS ÍNDICES AMBIENTALES .....	2
2.1.1. CLIMA .....	8
2.1.2. CALIDAD DE AIRE .....	9
2.1.3. RUIDO .....	12
2.1.4. GEOLOGÍA .....	13
2.1.5. GEOMORFOLOGÍA .....	14
2.1.6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL .....	15
2.1.7. HIDROLOGÍA SUBTERRANEA .....	15
2.1.8. SUELO .....	15
2.1.9. VEGETACION .....	18
2.1.10. FAUNA .....	21
2.1.11. PAISAJE .....	24
2.1.11.1. INDICES PARA VALORAR EL PAISAJE .....	24
2.1.11.2. TIPOS PARA CADA PARAMETRO Y CONSIDERACIÓN .....	28
2.1.12. MEDIO ECONÓMICO .....	31
2.2. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2 .....	34

### CAPITULO 3

<b>3. PREVISIÓN DE LOS IMPACTOS OCACIONADO POR LA INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS .....</b>	<b>35</b>
3.1. CLIMA .....	36
3.2. CALIDAD DE AIRE.....	37
3.3. RUIDO .....	46
3.4. GEOMORFOLOGÍA .....	63
3.5. GEOLOGÍA .....	64
3.5.1. RIESGOS DE INESTABILIDAD .....	65
3.5.2. RIESGOS DE EROCIÓN .....	66
3.5.1. RIESGO CÁRSICO .....	68
3.5.2. RIESGOS DE INUNDACIÓN .....	68

3.6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA .....	69
3.7. SUELO .....	71
3.8. VEGETACIÓN .....	72
3.9. FAUNA .....	74
3.10. PAISAJE .....	76
3.11. MEDIO SOCIO-ECONÓMICO .....	78
3.11.1. FACTORES DEMOGRÁFICOS .....	78
3.11.2. FACTORES SOCIALES .....	79
3.11.3. FACTORES CULTURA .....	80
3.11.4. FACTORES ECONÓMICOS .....	81
3.11.5. PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LA PREVISIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	78
3.12. CONCLUSION DEL CAPÍTULO 3 .....	83

## **CAPITULO 4**

4. INDICADORES DE IMPACTO .....	85
4.1. CLIMA .....	85
4.2. CALIDAD DE AIRE .....	86
4.3. RUIDO .....	86
4.4. GEOMORFOLOGÍA .....	87
4.5. GEOLOGÍA .....	88
4.6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA .....	90
4.7. SUELO .....	91
4.8. VEGETACIÓN .....	92
4.9. FAUNA .....	93
4.10. PAISAJE .....	93
4.11. MEDIO SOCIO-ECONÓMICO .....	94
4.12. CONCLUSION DEL CAPÍTULO 4 .....	99

## **CAPITULO 5**

5. CASO DE ESTUDIO .....	100
5.1. INTRODUCCION .....	100

5.2. CLIMA .....	100
5.3. CALIDAD DE AIRE.....	101
5.4. RUIDO .....	102
5.5. GEOMORFOLOGÍA .....	104
5.6. GEOLOGÍA .....	105
5.7. HIDROLOGÍA .....	105
5.8. SUELO .....	105
5.9. VEGETACIÓN .....	106
5.10. FAUNA .....	106
5.11. PAISAJE .....	106
5.12. CONCLUSION DEL CAPÍTULO 4 .....	107

## CAPITULO 6

6. BIBLIOGRAFÍA .....	100
-----------------------	-----

## CAPÍTULO 1

### 1. Introducción.

El transporte constituye hoy día una de las mayores amenazas al equilibrio ecológico del planeta. El elevado consumo energético y la emisión de contaminantes atmosféricos, que además contribuyen al calentamiento global, el ruido, la ocupación del suelo por las infraestructuras, la intrusión visual, la ruptura de ecosistemas, la congestión, la accidentalidad y los riesgos del transporte de mercancías peligrosas, son los impactos negativos principales de los sistemas de transporte.

Sin embargo, en nuestros días el derecho a la movilidad es consustancial al modo de vida de la sociedad. Desde la antigüedad, el desarrollo de las vías ha estado aparejado al desarrollo de la humanidad, así lo demuestra el lema de la Asociación Permanente de los Congresos de Carreteras, PIARC, que es VIA VITA, la vía es vida.

Se plantea el reto del desarrollo sostenible asociado a la esfera del transporte. Para los países en desarrollo este reto requiere de grandes transformaciones políticas, económicas y sociales.

El transporte sostenible se define como aquel que no perjudique la salud pública ni los ecosistemas y logre una compensación de las necesidades de accesibilidad de las personas, mercancías y servicios con el uso de recursos renovables por debajo de sus radios de regeneración y el uso de recursos no renovables por debajo de los radios de desarrollo de los sustitutos renovables, de modo que se satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

En el mundo de hoy, el crecimiento de la motorización y la demanda, unido a errores de planificación han creado verdaderos caos ambientales, sobre todo en el centro de grandes

ciudades. Se buscan desesperadamente, alternativas para paliar la situación, como el desarrollo de nuevas tecnologías, cambios en los vehículos, combustibles y sistemas; el desarrollo de la gestión de la demanda, reducción de los volúmenes de transporte y la distribución del transporte por modos, así como nuevos enfoques en las políticas de transporte.

En la actualidad, según datos de la Organización de Países para la Cooperación y el Desarrollo, OCDE, el transporte por carretera significa por sí solo más de 12 billones de kilómetros anuales recorridos, es decir, más de 290 vueltas a la tierra. Para ello se necesitan 1000 millones de toneladas de combustible, lo que representa el consumo de un petrolero de 110 000 toneladas por hora, por un parque automotor que supera los 800 millones de vehículos, o sea un vehículo por cada 7,5 habitantes. En correspondencia, se emiten a la atmósfera, entre otros gases contaminantes, 4000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases responsables del efecto invernadero y del cambio climático global.

Hasta el presente, en la mayoría de los países, las Evaluaciones de Impacto Ambiental, han supuesto la consideración del medio ambiente en los proyectos viales, y su implantación ha permitido la realización de análisis específicos que han facilitado el conocimiento de las repercusiones medioambientales de las carreteras en forma sistemática.

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) tiene aspectos metodológicos similares en los distintos países, aunque su contenido y extensión se adaptan al contexto local y regional. Las normas y las legislaciones ambientales cambian y los métodos y procedimientos para resolver los problemas ecológicos no son uniformes en absoluto.

La Evaluación de Impacto Ambiental, es un proceso sistemático de estudio y evaluación multidisciplinaria para identificar, predecir, manejar, evaluar e informar de los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, que incluye información detallada sobre el sistema de monitoreo y las medidas que deben ser consideradas para evitar o disminuir al mínimo los efectos negativos o realzar los positivos según proceda

La primera normativa legal que introduce en el ordenamiento jurídico de un país la obligación de considerar la viabilidad medioambiental a la hora de decidir la ejecución de un proyecto vio la luz en el año 1969: la National Environmental Policy Act, promulgada por el gobierno de los Estados Unidos. En 1985, Europa adopta este instrumento y aprueba la directiva europea sobre Evaluación de Impactos sobre el Medio Ambiente en el Consejo de Comunidades Europeas.

En la actualidad, en la mayor parte de los países del mundo se realizan Evaluaciones de Impacto Ambiental de las vías de comunicación sobre el medio ambiente. Según los países, la repercusión sobre el medio se tiene en cuenta, bien como consecuencia de las decisiones de sus propios gobiernos, bien bajo la presión de organizaciones internacionales tales como la Organización de Naciones Unidas, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo o el Banco Mundial.

Los Estudios de Impacto Ambiental se realizan, una vez finalizado el Proyecto, por grupos multidisciplinarios.

Tal como se ha debatido internacionalmente, los problemas ambientales que genera el crecimiento de la motorización y la demanda del transporte y por tanto el planeamiento y construcción de nuevas vías, no son solucionables solamente con la ejecución de Evaluaciones de Impacto Ambiental y las consecuentes medidas de mitigación. Sin abandonar la continuidad y mejora de este instrumento, se hace cada vez más imprescindible la evolución hacia un Diseño Ambiental de Carreteras que incorpore las cuestiones ambientales al proceso de análisis de soluciones y concepción del propio proyecto y hacia un cambio en las estrategias de planificación vial y en las políticas de transporte.

Dentro de las prioridades que deben ser establecidas, está la adopción de los requerimientos medioambientales en las distintas etapas de planeamiento y proyecto. Este trabajo pretende realizar una pequeña contribución al conocimiento de los aspectos



metodológicos esenciales para el Diseño de Carreteras sobre Bases Sostenibles en Ecuador.

#### **1.1. Planteamiento del problema.**

La necesidad de prever los impactos ambientales que las infraestructuras de carreteras y su explotación originarán sobre el medio ambiente se convierte cada día más en herramienta indispensable para los proyectistas viales, planificadores y para los encargados de la toma de decisiones.

La previsión de impactos ocasionados por una infraestructura es un tema complejo que normalmente se realiza con la ayuda de modelos de predicción. Se han desarrollado en diversos países, en función de su nivel de desarrollo, métodos que resultan tanto de consideraciones teóricas como empíricas. En los últimos tiempos, se ha avanzado mucho descubriendo nuevas ecuaciones que tratan de describir la realidad, y para ello, las mismas se han convertido en más y más complejas. El desarrollo de la computación ha hecho posible que los modelos hayan aumentado en complejidad y tamaño y se haya minimizado la necesidad de incluir factores de simplificación. En el caso de algunos componentes del medio tal como el ruido o el aire, se han logrado desarrollar modelos que se han convertido en verdaderos laboratorios donde se pueden examinar diversas hipótesis, desarrollar experimentos y comparar escenarios. Sin embargo la ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de otros componentes del ecosistema y del medio social ante una acción determinada, contribuye a que la estimación de impactos presente aún una cierta dosis de incertidumbre.

La factibilidad del uso en Ecuador, de los modelos y métodos existentes para la predicción de los impactos ambientales originados por los sistemas de transporte es uno de los problemas a resolver en este trabajo.

Una vez previstos los impactos, es necesario valorar cuán importantes, reversibles o mitigables resultan los mismos. La necesidad de establecer indicadores para valorar el posible impacto de una carretera y su explotación, sobre los factores del medio ambiente, que permitan el análisis de variantes desde el punto de vista ambiental, es otro problema planteado.

El enfoque de la planificación y el diseño geométrico de vías, en áreas ecológicamente sensibles, tal como las áreas protegidas, requiere la compatibilidad de las actividades a desarrollar con los valores naturales del área a intervenir. Es éste, pues, otro problema a solucionar.

## **1.2. Objetivos.**

Los objetivos planteados son:

1. Seleccionar los índices que deben caracterizar las variables ambientales para su utilización en el proyecto vial.
2. Evaluar los modelos de previsión de impactos ambientales provocados por las carreteras para su posible utilización en Ecuador.
3. Establecer los indicadores de impacto para los factores del medio ambiente potencialmente impactados.
4. Establecer una metodología y su proceso de implementación para la utilización de los indicadores de impacto en el proyecto vial.

### **1.3. Hipótesis de la Investigación.**

Con estos objetivos se pretende demostrar las siguientes hipótesis:

- Los modelos de previsión de impactos ambientales existentes pueden ser adecuados para su utilización en Ecuador.
- Los indicadores de impacto ambiental permiten a los proyectistas el análisis ambiental de variantes.
- La capacidad de recepción del medio ambiente influye en el diseño de los viales en áreas ecológicamente sensibles.

La verificación de las hipótesis planteadas y posterior formulación de la tesis servirá para elaborar las conclusiones del trabajo.

### **1.4. Método de investigación desarrollado.**

Para poder dar cumplimiento a los objetivos se estructuró el método de trabajo a partir de dos componentes:

- Uno teórico, mediante el cual se realizó el estudio del estado del arte, se conceptualizaron los problemas, se sintetizaron las experiencias nacionales e internacionales y sirvió de base para establecer los aspectos más importantes a desarrollar.
- Uno práctico, mediante el cual se realizó la aplicación y verificación de los conceptos definidos.

### **1.5. Aportes del trabajo.**

- Propuesta de indicadores de impacto ambiental para ser utilizados en el proyecto vial en Ecuador.
- Metodología de proyecto para el análisis ambiental de variantes.
- Recomendaciones de diseño para los viales en áreas ecológicamente sensibles.

## **CAPITULO 2**

### **2. Selección de Índices Ambientales para su utilización en el diseño vial.**

El objetivo de este capítulo es seleccionar los índices ambientales que deben caracterizar los factores del medio ambiente o variables ambientales involucrados en la planificación vial.

Los factores o variables ambientales son los elementos del medio ambiente susceptibles de ser medidos o evaluados por diferentes métodos cualitativos o cuantitativos. Entre ellos: clima, aire, ruidos, geología, geomorfología, hidrología, suelos, vegetación, fauna, paisaje, factores demográficos, factores culturales, etc.

El desarrollo de índices numéricos o clasificaciones descriptivas de la calidad ambiental para los diferentes factores del medio ambiente se ha llevado a cabo en diferentes países según sus propias normas y reglamentaciones. En Ecuador existen para algunas variables ambientales, tales como ruido y aire, normativas que establecen requisitos de calidad ambiental.

En este capítulo se proponen después de una búsqueda y compatibilización tanto en la bibliografía nacional e internacional como en la ley ecuatoriana vigentes, los índices que mejor pueden representar al medio para su utilización en la planificación y el proyecto vial.

Un índice ambiental es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos e información ambiental cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a los planificadores (Canter, 1995). Cumple pues el objetivo de resumir los datos ambientales existentes y comunicar información sobre el medio que se va a afectar.

#### **2.1. Criterios de selección de los índices ambientales.**

El índice que caracteriza una variable ambiental se selecciona si:

1. Permite inferir de forma clara la calidad ambiental del área a intervenir.

2. Puede ser relacionado con alguna norma o regulación nacional vigente.
3. Puede servir como base para predecir la importancia del impacto mediante las diferencias de índice con y sin proyecto.
4. Su utilización es factible para las condiciones de Ecuador

Se analizarán a continuación los índices propuestos para Ecuador con el fin de ser utilizados en la planificación vial.

#### **2.1.1. Clima**

La caracterización climática de una región puede realizarse a partir de sus caracteres básicos tales como: temperatura, precipitaciones, humedad y viento, entre otros, considerados aisladamente o combinados. Las combinaciones conducen a índices climáticos complejos.

Para fines de planificación vial, los índices ambientales que se proponen y que son sustancialmente los mismos en toda la bibliografía consultada corresponden a la cuantificación de estos parámetros básicos:

- Temperatura: Valores absolutos anuales y mensuales, valores medios anuales y mensuales, medias mensuales de máxima y mínimas.
- Precipitación: Máxima en 24 horas, medias mensuales y anuales, número de días lluvia, etc.
- Humedad: Principalmente en lo que respecta al número de días de rocío y niebla y su distribución anual y mensual.
- Viento: En particular la dirección y velocidad, que pueden representarse mediante una rosa de vientos.

Según la Organización Meteorológica Mundial OMM (Sneyers, 1995), los períodos óptimos de la muestra de datos a considerar para los distintos parámetros.

**Tabla 1. Períodos óptimos de la muestra propuestos por la OMM. (Snyers, 1995)**

Parámetro.	Período óptimo de años.
Temperatura.	10
Humedad.	3
Precipitaciones.	25
Viento.	10

Los valores estadísticos de estos parámetros se pueden obtener de mediciones realizadas en alguna estación meteorológica situada en el área de estudio o cercana a ella, mediante estimaciones indirectas.

### **2.1.2. Calidad del aire**

El aire es una mezcla de elementos, constantes (nitrógeno, oxígeno y gases nobles), cuyas proporciones son prácticamente invariables y otros accidentales ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , vapor de agua,  $\text{O}_3$ , etc.), cuya cantidad es variable según el lugar y el tiempo. Los componentes accidentales son los contaminantes.

La calidad del aire se determina midiendo los niveles de inmisión de contaminantes en la atmósfera, entendiendo por nivel de inmisión, la concentración de cada tipo de contaminante existente entre cero y dos metros de altura sobre el suelo.

Debido a la ausencia de una red de vigilancia de la calidad del aire en nuestro país es necesario hacer estas mediciones para cada proyecto en cuestión.

Existen una serie de índices elaborados en diversos países como el índice de calidad del aire ICAIRE desarrollado en España o el índice ORAQI de Estados Unidos, a partir de los

cuales se determinan las situaciones de atmósfera contaminada en función de los valores de inmisión individualizados por contaminantes y periodos de exposición (Conesa, 1992).

En Ecuador las condiciones de medición de la calidad del aire se manifiestan por los parámetros que a continuación se describen.

Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ( $1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ ).

Material particulado menor a 10 micrones (PM<sub>10</sub>)..- El promedio aritmético de la concentración de PM<sub>10</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ( $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM<sub>2,5</sub>).- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM<sub>2,5</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ( $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ( $65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).- El promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico ( $80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico ( $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), más de una vez en un año.

Monóxido de carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico ( $10\,000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) más de una vez en un año. La



concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico ( $40\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) más de una vez en un año.

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono.- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico ( $160\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico ( $120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), más de una vez en un año.

Óxidos de nitrógeno, expresados como  $\text{NO}_2$ .- El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como  $\text{NO}_2$ , y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ( $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ( $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) más de dos (2) veces en un año.

**Tabla 2.- Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1]**

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono			
Concentración promedio en ocho horas	15 000	30 000	40 000
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono.			
Concentración promedio en una hora	300	600	800

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Óxidos de Nitrógeno, como NO <sub>2</sub>			
Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000
Dióxido de Azufre			
Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100
Material Particulado PM <sub>10</sub>			
Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Nota: <sup>[1]</sup> Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

### 2.1.3. Ruido.-

El ruido se define como todo sonido indeseable para quien lo percibe.

Para la medición del sonoro se utiliza el nivel de presión acústica (L), adoptándose como unidad de medida el decibelio, (dB).

$$L = 10 \log (P/P_0)^2$$

Siendo P la presión eficaz del sonido medido, P<sub>0</sub>, la presión acústica de referencia que se corresponde con la menor presión acústica que un oído joven y sano puede detectar en condiciones ideales (2.10<sup>-4</sup> μ bar). Usualmente se toman las medidas de ruido obtenidas aplicando la curva de ponderación A, expresándolas en dBA.

Los niveles máximos admisibles de ruido constituyen los requisitos higiénicos sanitarios que establecen los límites de utilización de los territorios.

En la mayoría de los países están reglamentados los niveles máximos admisibles de ruido. En algunos como en Suecia y Japón (RC1020, 1987) a través del nivel sonoro estadístico  $L_n$  que es el nivel de ruido excedido el  $n\%$  del tiempo durante el período de observación. Los valores de  $L_n$  más usados son  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  y  $L_{90}$ . En otros países como Estados Unidos, España, Canadá y en Cuba los valores se establecen a partir del  $L_{eq}$ . Y que en Ecuador se lo define como  $NPS_{eq}$ .

Siendo  $NPS_{eq}$  el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [ $dB(A)$ ], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido. El porcentaje de tiempo  $P_i$ , para un decibel específico  $NPS_i$ , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor  $NPS_i$ , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq} = 10 * \log^* \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

El índice ambiental que se propone para esta variable es el nivel de presión sonora equivalente  $NPS_{eq}$ .

Las mediciones del nivel sonoro se efectuarán con la determinación del NPS para el período diurno y nocturno más desfavorable en la vivienda y en las áreas aledañas

Tabla 3 Niveles Máximos de Ruido Permisibles según Uso del Suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN USO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE
	$NPS_{eq} [dB(A)]$

DE SUELO	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

#### **2.1.4. Geología**

El índice para esta variable ambiental estará vinculada a la clasificación descriptiva de aspectos tales como:

- Litología.
- Formaciones geológicas (incluyendo características estructurales)
- Puntos de interés geológico en una triple vertiente: científica, didáctica o industrial.
- Yacimientos minerales o recursos geológicos explotables.
- Riesgos geológicos.

El análisis litológico deberá comprender la edad de los materiales, la textura de las rocas, su origen, las formaciones superficiales y composición mineralógica.

La descripción estructural definirá la existencia de fracturas, fallas o grietas que puedan dar lugar a deslizamientos, hundimientos, etc.

Los riesgos que deberán ser evaluados son los riesgos de deslizamiento, erosión, los asociados a determinadas litologías como por ejemplo el riesgo de expansividad o el riesgo cársico, los riesgos de inundación y los riesgos sísmicos.

Datos geológicos, cartográficos y geográficos deben ser evaluados y procesados. Las fotografías aéreas y la información obtenida por teledetección en forma de imágenes de infrarojo o de satélite pueden también utilizarse.

El enfoque de esta variable es similar en toda la bibliografía consultada.

#### ***2.1.5. Geomorfología.***

La geomorfología es un elemento complejo que agrupa diversos aspectos del medio. El aspecto descriptivo fundamental de la geomorfología es la topografía. Otros aspectos a tener en cuenta son la pendiente y la altitud.

A los fines de planificación se debe considerar tal como expresa el Capítulo III del Manual de Diseño Geométrico MOP-001-E 2002.

Terreno llano (LL). Cuando en una longitud de 500m medida a lo largo del eje de la carretera y dentro de la faja de emplazamiento, la diferencia de nivel entre dos puntos es menor de 20m o cuando la pendiente transversal del terreno medida cada 100m a lo largo del trayecto es menor del 5%.

Terreno ondulado (O). Cuando la diferencia de nivel entre dichos dos puntos está entre 20 y 35m o la pendiente transversal del terreno está entre el 5 y el 20 %.

Terreno montañoso (M). Cuando la diferencia de nivel entre los dos puntos es mayor de 35m o la pendiente transversal del terreno es mayor del 20%.

Estas definiciones se utilizan para generalizar el tipo de terreno en un tramo del trazado dándole la clasificación del tipo predominante.

La definición del tipo de terreno en función de la topografía será asumida como índice vinculado a la geomorfología.

Existen numerosas clasificaciones para la representación de la topografía o el relieve, incluso en función del tipo de estudio para el que se requiere la valoración de esta variable ambiental.

Para la valoración de este índice es necesario la utilización de planos topográficos. Las representaciones en 3D del área de estudio ayudan a visualizar el fenómeno.

#### ***2.1.6. Hidrología superficial.***

El estudio de la distribución y circulación del agua en la superficie de la tierra es un elemento esencial para los planificadores de carreteras.

La unidad de trabajo a considerar es la cuenca hidrográfica definida como el área circundante que aporta agua y sedimentos a un cauce en una sección dada o como un conjunto de formas topográficas, sistema morfológico, asociado a una red de drenaje (Aguilo y otros, 1995)

Los índices que se proponen:

- Tipo y distribución de las redes de drenaje.
- Formas de agua presentes en el área que puedan verse afectadas, en particular: ríos, arroyos y torrentes, lagos, lagunas y zonas húmedas, cursos discontinuos (ramblas) y artificiales (canales y embalses)
- Estimación de los caudales, tanto su módulo anual como los de avenidas.

La tipología de las redes de drenaje, así como el inventario de formas de agua, puede realizarse a través de mapas topográficos y de la interpretación de fotos aéreas existentes.

#### ***2.1.7. Hidrología subterránea.***

A los fines de planificación de carreteras se consideraran como índices de esta variable ambiental:

- Presencia de acuíferos en el área.

- Profundidad del nivel freático.
- Inventario de los puntos de agua, tales como fuentes, manantiales, surgencias, etc.

La presencia de acuíferos está íntimamente ligada a la geología de la zona de estudio. Su localización y cartografía se puede realizar a través de estudios geológicos.

#### **2.1.8. Suelos.**

La utilización del suelo de cara a las tareas de planificación se basa en la interpretación de aquellas propiedades que le confieren aptitud o vulnerabilidad frente las actuaciones humanas.

En primer lugar el suelo es soporte de las actividades del hombre dirigidas al aprovechamiento de su potencial productivo: cultivos agrícolas, aprovechamientos forestales, etc.

En segundo lugar es soporte de actividades constructivas, industriales y técnicas de muy diversa índole: urbanizaciones, carreteras, canales, aeropuertos, etc.

Como índice para la evaluación del suelo en su vertiente productiva se propone utilizar la capacidad agrológica de los suelos, relacionadas con la calidad ambiental del área a intervenir.

Existen relaciones entre calidad ambiental y productividad del suelo, pero el concepto de productividad es debatido pues depende de labores de mecanización, abonados y por tanto del gasto técnico y económico que se desee invertir. (Aguilo y otros, 1995)

Para el caso de la capacidad agrológica se toma como índice la suma ponderada de la superficie de cada clase de suelo, expresada en porciento de la superficie total (Conesa, 1995).

$$C_{agrológica} = \frac{100}{S_t} \left( S_i + \frac{S_{II}}{2} + \frac{S_{III}}{3} + \frac{S_{IV}}{4} + \frac{S_V}{5} \right)$$

$S_i$  : Superficie de la clase agrológica de I a V.

$S_t$  : Superficie total.

Existen siete clases en función de las limitaciones o riesgos inherentes a la utilización, de la clase I, sin limitaciones especiales, pasando por riesgos progresivamente mayores hasta la clase VII, que presenta posibilidades de uso muy restringidas.

**Tabla 4 Clases Agrológicas. (Conesa, 1995)**

Parámetro	Clases						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Pluviometría	> 600 mm  o riego.	600 > p >  300 mm o riego	Igual II.	Igual II y III	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Temperatura	Permite cultivo de maíz.	Permite cultivo cereales.	Igual II.	Igual II y III	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Pendientes	< 3 %	< 10 %	< 20 %	Igual III	< 3 %	20 < p < 30 %	30 < p < 50 %
Estructura	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Profundidad	> 90 cm	> 60 cm	> 30 cm	> 30 cm	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Pedregosidad  < 25 cm.	—	< 20 %	< 50 %	< 90 %	Indiferente	Indiferente	Indiferente



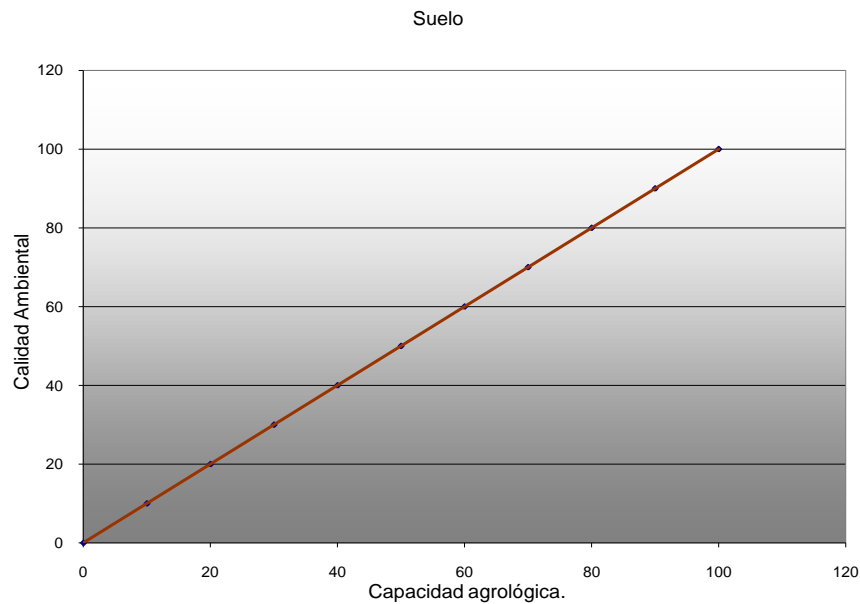
Superficie cubierta  > 25 cm .	-	< 0.1 %	< 0.1 %	< 3 %			
Rociedad	-	< 2 %	< 10 %	< 25 %	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Encharcamiento	-	Puede ser estacional	Puede ser estacional	Igual III	Continuo o frecuente.	-	-
Salinidad	-	-	Algo de salinidad	Igual III	Salinidad impide cultivo	-	-
Erosión	-	Moderada	Moderada	Igual III	-	Fácil	Fuerte

La asignación de un suelo a una clase debe cumplir todos los requisitos exigidos e indicados en la columna correspondiente. La falta de un solo requisito hará que deba ser clasificado en clases inferiores.

Una capacidad agrológica del 100% se asocia a una calidad ambiental óptima y una del 0% a una calidad ambiental nula.

C.A = x                      Siendo x: Capacidad agrológica.

Figura 1 Calidad ambiental en función de la capacidad agrológica



El suelo como soporte de la actividad constructiva debe ser evaluado por:

- Capacidad portante
- Estabilidad.
- Facilidad de drenaje.
- Consistencia.
- Compresibilidad, etc.

Estos aspectos son considerados en el proyecto de construcción.

El análisis de los suelos debe combinar el uso de base topográfica, fotografías aéreas, muestreos de campo y procesamiento de laboratorio.

#### **2.1.9. Vegetación.**

Se entiende por vegetación, el manto vegetal de un territorio dado.

La importancia y significación de la vegetación, no se centra únicamente en el papel que desempeña este elemento como asimilador básico de la energía solar, constituyéndose así

en productor primario de casi todos los ecosistemas, sino también en la existencia de importantes relaciones con el resto de los componentes bióticos y abióticos del medio: la vegetación es estabilizadora de pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y calidad del agua, mantienen microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido, es el hábitat de especies animales, etc. (Conesa, 1995).

A la hora de definir las formaciones vegetales, existen varias escuelas o metodologías que se fundamentan en diferentes criterios de clasificación y ordenación. La primera de ellas es la fitosociológica, que establece un sistema jerárquico de clasificación de la vegetación semejante al taxonómico. La segunda es la cuantitativa, que se apoya en una tipificación y ordenación estadística de los resultados obtenidos en los inventarios. Ambos sistemas de ordenación suelen utilizarse con posterioridad a una fotointerpretación del paisaje, en la que los criterios de las especies dominantes y estructura de la vegetación suelen ser los que definan los distintos tipos de unidades (Aguilo y otros, 1995).

A fines de la planificación vial se propone la valoración de la cubierta vegetal mediante una metodología basada en interés y densidad de las especies.

El interés se refiere a la calidad o rareza de las especies presentes (K), y la densidad al porcentaje de la superficie total considerada, cubierta por la proyección horizontal de la vegetación, bien en su conjunto, bien por cada uno de sus substratos o especies (Conesa, 1995).

Se propone como índice, el porcentaje de superficie cubierta, ponderado en función del índice de interés de las especies existentes:

$$PSC = \frac{100}{St} \sum_1^i Si \times k \quad (\%)$$

Siendo  $S_t$  la superficie total considerada y  $S_i$  la superficie cubierta por cada especie o tipo de vegetación presente.

Si PSC es 100% se considera que la calidad ambiental es excelente y si es 0% es pésima.

**Tabla 5 Indicador de interés de las especies.(Conesa, 1995)**

Especies	K
Endemismos	1
Raras	0.8
Poco comunes	0.6
Frecuente	0.4
Común	0.2
Muy común	0.1

La ecuación de correlación de las variables es:

$$C.A = -0,012x^2 + 2,2x \quad \text{Siendo } x \text{ el porcentaje de superficie cubierta PSC.}$$

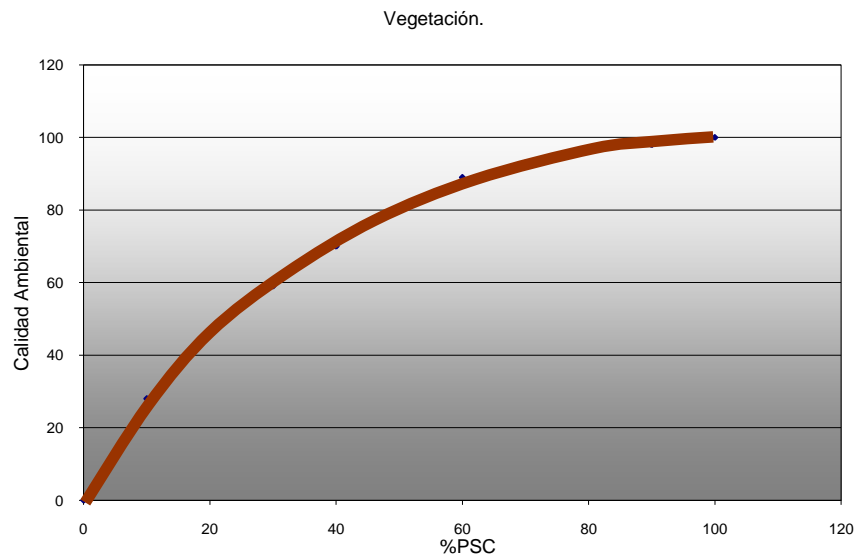


Figura 2 Calidad ambiental en función del porcentaje de superficie cubierta

La cartografía de la región se impone ya que se requiere contar con mapas como base de cualquier programa de evaluación de recursos y de planificación de su uso. Para la confección de los mismos se necesita disponer de base topográfica, fotografías aéreas y trabajo de campo.

#### **2.1.10. Fauna.**

Entendemos como fauna el conjunto de especies animales que viven en una zona determinada. Los estudios de Medio Físico han de enfocarse hacia la fauna silvestre, en la que obviamente no se incluyen los animales domésticos. Estos estudios han de partir del conocimiento taxonómico y de la distribución de especies, distinguiendo entre los ambientes terrestres y acuáticos.

Hay que destacar que la fauna está fuertemente ligada a la cubierta vegetal, a la presencia de agua y otros factores del medio.

Como definiciones asociadas a la fauna consideramos:

- Estabilidad: Dentro de un área geográfica determinada, las poblaciones se multiplican sin traspasar el límite inferior que provocaría la extinción.
- Abundancia: Se dice que una especie abundante cuando existen muchos individuos de la misma, en el área de estudio considerada en forma relativa, no en términos absolutos.
- Diversidad: Abundancia de elementos distintos expresada en términos no absolutos para cada especie (sólo número de especies y abundancia relativa de las mismas).
- Rareza: Este término está unido al concepto del área objeto de estudio. Una especie es rara cuando no es frecuente visto desde un nivel taxonómico superior (nacional, por ejemplo).
- Representatividad: Caracteres simbólicos que tienen determinadas especies. Incluyendo el carácter de endémico.
- Singularidad: Condición de distinto o distinguido. Es el valor adicional que posee una especie por circunstancias extrabiológicas: estéticas, históricas, científicas, culturales.

El estudio de la fauna no debe circunscribirse a la terrestre, pues lo que en el caso de que existan desviaciones de caudales o afecciones a la calidad de aguas la fauna acuática puede verse asimismo afectada.

Existen diversos índices para la evaluación de la importancia del sitio desde el punto de vista de la fauna. Goldsmith (1983) distingue entre criterios ecológicos -tamaño, diversidad y rareza- y criterios de conservación -valor potencial y atractivo intrínseco. Margules y Usher (1984) opinan que para sitios pequeños la fragilidad ecológica y la rareza de hábitats y especies son los criterios más importantes, mientras que la representatividad, tamaño, naturalidad, posición en una unidad geológica-geográfica los son para sitios grandes.

Se propone como índice el valor VE, que informa del valor ecológico del biotopo a través de su calidad y abundancia (Escribano y Aramburu, 1978).

$$VE = \frac{a \times b + c + 3d}{e} + 10(f + g)$$

**Tabla 6 Indicadores para el cálculo del Valor Ecológico del biotopo. (Escribano y Aramburu, 1978).**

Radio	Símbolo	Cuantificación
Abundancia de especies	a	Muy abundante 5; abundante 4; medianamente abundante 3; escasos 2; muy escaso 1.
Diversidad de especies	b	Excepcional 5; alta 4; aceptable 3; baja 2; uniformidad faunística 1.
Número especies protegidas que habitan en el área.	c	De 0 a 10.
Diversidad del biotopo.	d	Igual que b.
Abundancia del biotopo.	e	Igual que a.
Rareza del biotopo.	f	Muy raro 5, Raro 4, relativamente raro 3; común 2; muy común 1.

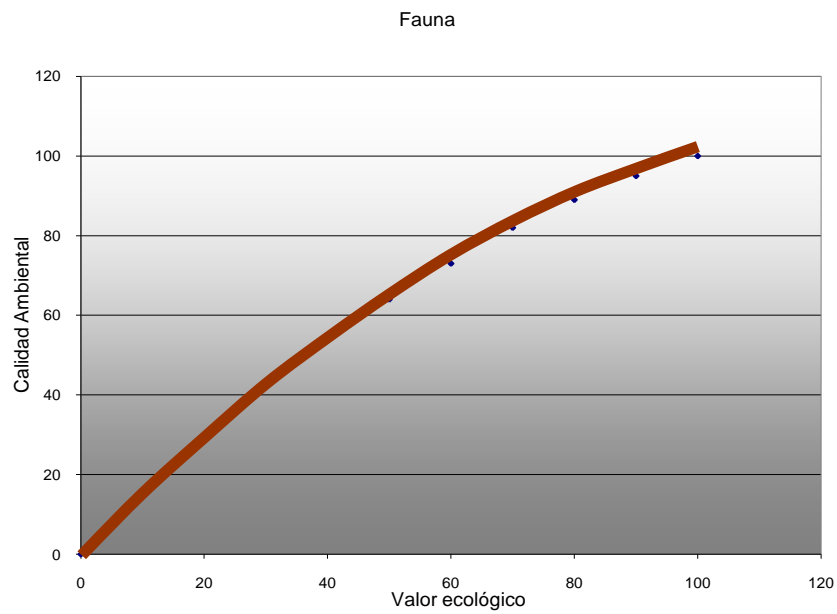
El biotopo se define como el espacio vital constituido por todas las condiciones fisicoquímicas del suelo, agua y atmósfera necesarias para la vida del conjunto de organismos que viven y se reproducen en él. La unidad de medida del índice del valor ecológico del biotopo, vendrá expresada como rango adimensional de 1 a 100.

El valor 100 corresponde con una calidad ambiental excelente y 1 pésima.

La ecuación de correlación es:

$$C.A = -0,005x^2 + 1.5x \quad \text{siendo } x \text{ el valor ecológico del biotopo VE}$$

Figura 3 Calidad ambiental en función del valor ecológico del biotopo.



A los fines de planificación resulta útil la elaboración de un catálogo faunístico, sin embargo, factores que giran alrededor de la movilidad de los animales hace que la división en unidades territoriales no pueda hacerse a partir de la fauna con la misma nitidez y precisión que a partir de la vegetación. Para estos estudios resulta muchas veces más operativo establecer unidades generales- formaciones vegetales- por ejemplo y clasificarlas después faunísticamente.

El apoyo fundamental para la cartografía faunística son los mapas de vegetación para las especies terrestres y los de hidrología para las acuáticas.



### **2.1.11. Paisaje.**

Las técnicas de evaluación del paisaje (Canter, 1995) pueden dividirse en tres categorías:

- Intuitivas, basadas en la apreciación del escenario paisajístico mediante trabajo de campo.
- Métodos de escala o graduación.
- Técnicas estadísticas que incluyen análisis de usuario y análisis de multiregresión de las respuestas del usuario.

En la categoría de apreciación mediante trabajo de campo, la evaluación de los recursos visuales se basa en la adjudicación de puntuaciones cualitativas a las unidades de paisaje, utilizando descripciones tales como "espectacular" o "bello". Los métodos de gradación o escala consisten en atribuir una clasificación cualitativa al escenario paisajístico, dependiendo de su topografía, vegetación y usos del suelo. Aquí la terminología de apreciación del paisaje es sustituida por un sistema de valor nominal, Las técnicas estadísticas son más objetivas dado que establecen una relación entre el atractivo global del emplazamiento y el valor de los elementos que componen el escenario paisajístico.

#### **2.1.11.1. índices para valorar el paisaje serán:**

- La visibilidad.
- La calidad paisajística.
- La fragilidad.
- Frecuentación humana.

La visibilidad se refiere al territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada (cuenca visual). El medio a estudiar será el entorno al proyecto y vendrá determinado por el territorio desde el que la actuación resulte visible. Las cuencas visuales y por tanto la visibilidad, pueden determinarse por medios manuales o automáticos, basados en datos topográficos (altitud, pendiente, orientación)

complementados por otros que pueden modificar la recepción del paisaje (condiciones climáticas, transparencia de vegetación, accesibilidad.).

La calidad paisajística incluye tres elementos de percepción:

- Características intrínsecas del punto (morfología, vegetación, presencia de agua).
- Calidad visual del entorno inmediato (500-700m), (litología, formaciones vegetales, grandes masas de agua).
- Calidad del fondo escénico (intervisibilidad, altitud, formaciones vegetales y su diversidad, geomorfología).

La calidad puede estimarse de forma directa sobre la globalidad del paisaje (estimación subjetiva), influyendo en la misma algunas de sus características o componentes del paisaje:

- Topografía: (distinta a la del entorno, diversidad morfológica, vistas panorámicas).
- Vegetación (diversidad de tipos de vegetación, de colores y de texturas, contrastes.).
- Agua:(formas del agua superficial, su disposición, su quietud.).
- Naturalidad: Espacios en los que no se ha producido actuación humana.
- Singularidad: (rocas singulares, lagos, cascadas, flora ejemplar).

La fragilidad es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él.

Frecuentación humana. La población afectada incide en la calidad del paisaje, por lo que se tendrán en cuenta núcleos urbanos, carreteras, puntos escénicos, zonas con población temporal, dentro de la zona de visibilidad.

Como ejemplo de utilización del grupo de técnicas intuitivas para la valoración de la calidad paisajística se plantea la metodología para evaluar el valor relativo del paisaje. Se desarrolla mediante la valoración directa subjetiva, que se realiza a partir de la contemplación del paisaje, adjudicándole un valor, en una escala de rango o de orden, sin desagregarlo en componentes paisajísticos o categorías estéticas. Para ello se utiliza una escala universal de valores absolutos, ( $V_a$ ). Se establece una malla de puntos de

observaciones, desde donde se evalúan las vistas, obteniendo el valor de la unidad paisajística, mediante la media aritmética.

**Tabla 7 Valor de la unidad paisajística. (Fines, 1968)**

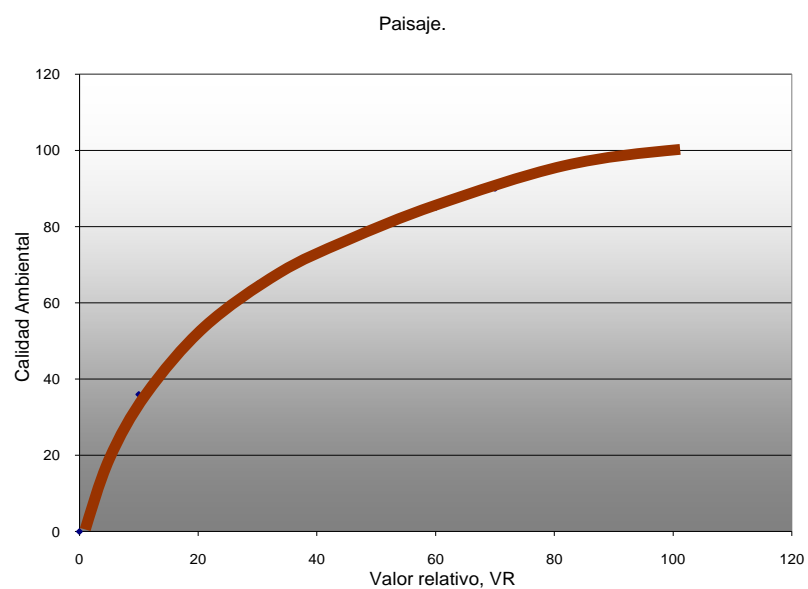
Paisaje	Va
Espectacular	16 a 25
Soberbio	8 a 16
Distinguido	4 a 8
Agradable	2 a 4
Vulgar	1 a 2
Feo	0 a 1

Los valores obtenidos se corrigen en función de la cercanía a núcleos urbanos, a vías de comunicación, al tráfico de estas, a la población potencial de observadores y a la accesibilidad a los puntos de observaciones, obteniéndose un valor relativo, que se toma como índice:

$$V_R = K \cdot V_a$$

Si el valor relativo del paisaje (VR) es 100% la calidad ambiental es excelente, si es 0% la calidad ambiental es pésima.

Figura 4 Calidad ambiental en función del valor relativo del paisaje



Dentro del segundo grupo de técnicas de evaluación del paisaje se presenta la metodología establecida por la agencia de medio ambiente de la comunidad valenciana para la elaboración de la cartografía geocientífica de la comunidad de Alicante (Auernheimer, 1996).

Los parámetros considerados y los tipos en que se han dividido, así como los valores de calidad (c) y fragilidad (f), se describen a continuación:

- Desnivel.

- Vegetación y usos del suelo.
- Presencia de masas de agua.
- Actuaciones humanas.
- Accesibilidad.
- Incidencia visual.
- 

#### **2.1.11.2 Tipos para cada parámetro y consideración:**

- Relieve y complejidad topográfica

1-5 Llanuras.

2-4 Relieves alomados, laderas suaves.

3-3 Montes de relieve moderado.

4-2 Elevaciones y relieves prominentes, moderadamente abarrancados.

5-1 Karst; barrancos; acantilados y zonas muy abarrancadas.

- Desnivel.

1-1 De 0 a 25 metros.

2-2 De 25 a 75 metros.

3-3 De 75 a 150 metros.

4-4 De 150 a 300 metros.

5-5 Más de 300 metros.

- Vegetación y usos del suelo.

1-1 Cereales, erial.

2-2 Secano (olivos, algarrobos, viñedos...), terrazas abandonadas.

3-5 Huertas y frutales, vegetación de barranqueras y roquedos (adelfares, riparias...).

4-3 Marjales, dunas, montes de repoblación joven.

5-2 Monte autóctono o de repoblación bien asentado.

- Presencia de masas de agua.

1-1 Unidad sin agua.

2-2 Unidad con ríos, arroyos, canales o acequias.

3-3 Unidad con embalse o laguna o con zonas encharcadas.

4-4 Unidad costera adyacente al mar.

5-5 Unidad costera adyacente al mar y con lago albufera o turbera.

- Actuaciones humanas.

1-1 Zonas industriales urbanas.

2-2 Zonas industriales semiurbanas, canteras y vertederos.

3-3 Zona rural con poblaciones y edificaciones abundantes y zonas con urbanizaciones de alta densidad.

4-4 Zona rural con pueblos y edificaciones dispersas y urbanizaciones de baja densidad integradas.

5-5 Construcciones dispersas escasas e inexistentes.

- Accesibilidad.

5 Zona litoral y unidades que contienen carretera principal.

4 Unidades que tienen carretera comarcal.

3 Unidades que contienen otras carreteras.

2      Unidades adyacentes a las anteriores.

1      Unidades sin carreteras, no adyacentes a otras con carreteras locales.

- Incidencia visual.

5      Relieve positivo (convexo).

3      Relieve neutro.

1      Relieve negativo (cóncavo).

Dado que no todos los parámetros descritos tienen la misma importancia para determinar la calidad global del paisaje, se ha aplicado un procedimiento de agregación ponderada, asignando a cada parámetro un coeficiente en función de su peso específico en el valor paisajístico de la unidad. Los coeficientes aplicados son los siguientes:

#### Calidad

3      Complejidad topográfica.

2      Vegetación y usos, actuaciones y masas de agua..

1      Desniveles.

#### Fragilidad.

3      Complejidad topográfica e incidencia visual.

2      Vegetación y usos, masas de agua, actuaciones y accesibilidad.

1      Desniveles.

La elección de los coeficientes se ha realizado por procedimientos ensayo-error, en los cuales se han utilizado distintos valores, incluida la asignación del mismo valor al

coeficiente de todos los parámetros. Posteriormente se han calculado los índices de calidad y fragilidad con los diferentes conjuntos de coeficientes según la expresión:

$$I_c = \frac{\sum P_i V_{ij}}{\sum P_i}$$

$$I_f = \frac{\sum P_i V_{ij}}{\sum P_i}$$

donde  $P_i$  es el coeficiente del parámetro  $i$  y  $v_{ij}$  el valor del tipo  $j$  del parámetro  $i$ .

La calidad total del paisaje se obtuvo por combinación de los índices de calidad y fragilidad según la expresión:

$$C_p = \frac{2 \times I_c + I_f}{3}$$

Se ha utilizado esta expresión por ser la calidad del paisaje un factor más determinante que la fragilidad a la hora de establecer el interés para la conservación de una unidad, pues resulta más importante la protección de unidades de elevada calidad que la de unidades de calidad poco relevante.

El estudio del paisaje visible ha de concretarse en una cartografía que sea de utilidad en la planificación.

Existen distintas estrategias para ello, por ejemplo las basadas en el inventario de los aspectos que componen el paisaje y sus atributos o características visuales (altura, forma, color, etc.). Otras están basadas en el inventario directo de las unidades de paisaje, para lo cuales muy útil la fotografía aérea para ayudar a identificar las zonas diferentes y situarlas sobre un mapa.



La percepción de la belleza de un paisaje es un acto creativo de interpretación (Polakowski, 1975). El territorio posee cualidades intrínsecas en sus elementos naturales o artificiales que son percibidas por el observador a través de mecanismos fisiológicos y sociológicos. Por ello la belleza se aprecia y se reconoce en mayor o menor grado según los observadores.

Se propone que la evaluación del paisaje sea realizada por profesionales de experiencia que decidan el tipo de técnica a utilizar.

#### **2.1.12. Medio socioeconómico.**

El medio socioeconómico es aquel sistema que está constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico-culturales y económicas en general de las comunidades o población de un área determinada (Gómez, 1998).

Las variables ambientales asociadas a ese medio son los factores demográficos, culturales, sociales y económicos.

##### *1.- Factores demográficos.*

La finalidad del análisis de estos factores es determinar el volumen de población que será afectada, sus características evolutivas, estructurales y culturales, para finalmente diseñar la proyección demográfica previsible, sobre la que se han de introducir las variaciones que generen el proyecto.

**Los parámetros a considerar como índices pueden ser los siguientes:**

- Evolución de la población afectada directa o indirectamente por el proyecto.
- Distribución espacial de la población.

##### *2.- Factores culturales.*

Los factores culturales son todos aquellos que tengan un significado cultural, colaboren a desarrollar los conocimientos humanos y tengan una representación física.

Los factores culturales son frágiles y limitados, formando partes no renovables del medio ambiente. A continuación se enuncian algunos de los más significativos.

- Factores arqueológicos, de épocas prehistóricas.

El índice estará vinculado a asentamientos humanos, lugares de trabajo; enterramientos; objetos y estructuras de todo tipo.

- Factores históricos.

El índice estará vinculado a lugares, construcciones, estructuras, formas tradicionales de cultivo, objetos y toda manifestación de la actividad humana que represente aspectos de la historia nacional, provincial o local; lugares donde ocurrieron sucesos históricos relevantes, aún cuando no quede huella de ellos; lugares, edificios, árboles, relacionados con personalidades importantes.

- Factores arquitectónicos.

El índice estará vinculado a edificios, construcciones, obras y jardines, de alto valor artístico, o que sean representativos de su clase o de una época, o que representen logros en arquitectura, ingeniería o diseño; obras de ingenieros arquitectos o constructores famosos; fortificaciones; grupos de construcciones cuyo valor supere al de las estructuras aisladamente consideradas; áreas cuyo interés proviene de las actividades que en ellas se desarrollan más que del carácter de los edificios.

- Factores naturales singulares.

El índice estará vinculado a lugares de acción geológica poco común, grutas, dunas, cascadas; áreas de niveles geomorfológicos; yacimientos de fósiles; lugares de interés biogeográfico: límites de latitud, longitud, altitud, barreras, corredores o pasillos; lugares que acogen a especies vegetales o animales raros o en peligro de extinción; lugares de paso y de parada en las migraciones de aves; ecosistemas raros, abundantes o valiosos; árboles monumentales por su tamaño o por su edad.

- Factores científico - educativos.

El índice estará vinculado a lugares que pueden servir como ejemplo de procesos naturales actuales o del pasado; áreas que pueden ser ejemplo de distribución de especies; áreas de interés estratégico.

Generalmente los factores culturales tienen una representación cartográfica puntual o de extensión reducida.

- Factores sociales.

El índice estará asociado al nivel de empleo, salud, usos de suelo, modos de vida y los niveles de accesibilidad.

Una fuente importante de información para conocer los usos de suelo en los territorios a intervenir son las fotos aéreas y de satélite.

- Factores económicos.

Dentro de los factores socioeconómicos se distinguen dos subgrupos. El primero está vinculado a los factores netamente económicos y el segundo con los factores metaeconómicos que condicionan y determinan el carácter y dimensión de los impactos (Alfonso, 2000).

El índice estará vinculado a la valoración económica de recursos, bienes y servicios ambientales.

Internacionalmente se han desarrollado trabajos sobre el valor de los servicios ecosistémicos y el capital natural, sobre la base de la producción primaria neta como los de Constanza y otros en 1997 (Llanes, 1999).

A manera de referencia se brindan a continuación los valores planteados por Constanza para algunos tipos de ecosistemas.

**Tabla 8 Valor de los servicios ecosistémicos. (Constanza y otros, 1997).**

Ecosistema.	Valor total en dólares por hectárea por año.
Estuarios.	22 832
Pastos marinos, seibadales.	19 004
Arrecifes coralinos.	6 075
Bajos, bancos de arena.	1 610
Bosques tropicales	2 007
Humedales	14 785
Ciénagas y manglares	9 990
Pantanos y planos inundables.	19 580
Lagunas, lagos y ríos	8 498.

El valor total se descompone en diecisiete servicios o funciones básicas que incluyen los valores de uso directo (producción de alimentos, extracción de materias primas, recreación y patrimonio cultural e indirectos (regulación del clima, del ciclo del agua, suministro de agua formación de suelo y reciclaje de nutrientes. Los valores de uso suponen solamente alrededor del 18 % de los valores globales totales. (Llanes, 1999)

Dentro del grupo de factores metaeconómicos se encuentra un grupo de factores que condicionan el éxito de la economía y que puede ser impactado como por ejemplo la infraestructura física, electricidad, agua, sistemas de transporte y comunicación o la infraestructura social a través de la calidad de vida.

El índice estará vinculado a la valoración de estos recursos.

## **2.2 . Conclusiones**

1. Los proyectistas y planificadores viales requieren conocer la calidad ambiental del área a intervenir. Para ello es necesaria la utilización de índices ambientales que simplifiquen la información ambiental disponible.
2. Entre los numerosos índices y métodos existentes para la valoración del medio ambiente se seleccionaron aquellos que mejor pudieran caracterizar las principales variables ambientales involucradas en la planificación vial. Los índices aparecen reflejados en cada epígrafe.
3. La determinación de los índices ambientales requiere de equipos multidisciplinarios de especialistas.
4. Es posible realizar la m apificación de los índices propuestos y tratarlos dentro de un Sistema de Información Geográfico.

## CAPITULO 3

### 3. Previsión de los impactos ocasionados por las infraestructuras de carreteras.

La necesidad de prever los impactos ambientales que las infraestructuras de carreteras y su explotación originarán sobre el medio ambiente se convierte cada día más en herramienta indispensable de diseño para los proyectistas viales.

Estas previsiones realizadas al nivel de Soluciones Principales, permiten el análisis de alternativas para minimizar las alteraciones desde esta etapa. Variantes de trazado en planta podrían analizarse con el fin de eludir zonas de alto valor natural o zonas de alto riesgo. Variantes de trazado en perfil podrían minimizar los impactos sobre la geomorfología, el ruido o el paisaje. Los impactos sobre el medio socioeconómico podrían implicar nuevas variantes y la inclusión en las mismas de las medidas de mitigación de los impactos no deseados, que deben ser valoradas económicamente en el proyecto.

La previsión de impactos ocasionados por una infraestructura es un tema complejo que normalmente se realiza con la ayuda de modelos ya sean empíricos o racionales. En el caso de algunas variables ambientales tal como el ruido o el aire se ha logrado desarrollar modelos que se han convertido en verdaderos laboratorios donde se pueden examinar diversas hipótesis, desarrollar experimentos y comparar escenarios. Sin embargo la ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de otros componentes del ecosistema y del medio social ante una acción determinada, contribuye a que la estimación de impactos presente una cierta dosis de incertidumbre.

El objetivo fundamental de este capítulo es el análisis de distintos métodos y modelos de previsión de impactos utilizados por diferentes países e instituciones valorando las consideraciones que se establecen en cada uno de ellos para su posible utilización en Ecuador. Se exponen también las principales alteraciones que las diversas acciones de proyecto provocan sobre los factores del medio potencialmente impactados.

#### **Criterios generales de valoración de los modelos y métodos de previsión de impactos.**

1. Esquema teórico conceptual adecuado.
2. Nivel de empirismo.
3. Existencia de datos de entrada.
4. Posibilidad de aplicación en Ecuador

#### **3.1. Clima**

Las alteraciones sobre el clima son de dos tipos:

- cambios microclimáticos en los alrededores de la vía debido a la distinta refractancia de capa de rodadura respecto a la superficie original y a la destrucción de la vegetación.
- modificaciones mesoclimáticas generadas por la creación de pasillos entre valles y el efecto barrera de ciertas infraestructuras que inducen modificaciones en el régimen local de vientos.

La influencia que sobre el clima puede tener una obra vial específica es realmente muy difícil de prever.

Al nivel de microclima, se han realizado estudios por diversos autores sobre la influencia de las urbanizaciones y su relación con espacios abiertos, por ejemplo la influencia de las calles sobre la temperatura y la humedad del aire.

En Cuba, se ha desarrollado para zonas urbanas, un modelo de correlación entre el incremento de la diferencia de la temperatura media del aire con respecto a la referencia local y el coeficiente de ocupación del suelo (Díaz, 1998).

La expresión es:

$$\Delta t_{media} = -0,6587 + 3,7924 \cdot COS.$$

$$COS = \text{área construida} / \text{área total}.$$

Además se establecieron por la misma autora, correlaciones entre la diferencia de temperatura del aire con respecto a la estación local de referencia y la relación  $h/d$ , siendo  $h$  la altura de los edificios y  $d$  la distancia entre las fachadas, para distintas tipologías urbanas, así como la tendencia de la humedad relativa y la misma relación  $h/d$ .

En estudios realizados por Díaz en Cuba, se han detectado diferencias significativas en la temperatura del aire en calles con terminaciones de asfalto que en el momento más crítico del día superan en cuatro grados centígrados las existentes en espacios arbolados.

No se ha encontrado en el resto de la bibliografía consultada al efecto, ningún otro modelo para predecir la influencia de una infraestructura concreta sobre el microclima.



Los modelos más desarrollados revisados están basados en los fenómenos de cambio climático global.

Los modelos que han sido relacionados y concebidos por Díaz, son de base empírica, realizados para diferentes tipologías urbanas y los datos de entrada factibles. Sin embargo no abarcan todo el espectro de posibilidades de actuación, aunque para el caso de zonas urbanas, permiten un análisis cualitativo del problema a abordar.

El análisis del impacto de una infraestructura sobre las precipitaciones y el viento sólo puede ser valorado de forma cualitativa.

### **3.2. Calidad del aire.**

Los cambios en la calidad del aire se producen en dos fases muy diferentes con contaminantes de características distintas.

En la fase de obras y con motivo de los movimientos de tierras, transporte de materiales, plantas de tratamiento de materiales, erosión eólica y explotación de canteras se produce un incremento en la emisión de partículas que, temporalmente, pueden ocasionar niveles de inmisión elevadas de partículas en suspensión y sedimentables. En algunos casos, estos incrementos de niveles de inmisión se pueden prever mediante modelos de difusión atmosférica; en otros, como puede ser la erosión eólica, son más difíciles de predecir, aunque teniendo en cuenta la climatología de la zona y el grado de recubrimiento vegetal, se pueden llegar a estimaciones útiles para la comparación de alternativas. Es de destacar que estos aumentos en los niveles de inmisión, están muy localizados temporalmente y que existen toda una serie de medidas correctoras que pueden reducir su cantidad.

Durante la fase de explotación, el incremento de los niveles de inmisión se produce por las emisiones provenientes de la circulación de vehículos.

Al tráfico se le atribuye según diversos autores, una responsabilidad en la contaminación atmosférica que varía entre el 30% (Vergés, 1986) y más del 50% (Calderon, 1992) dependiendo de las características geográficas, eólicas, de la intensidad de circulación, de las características de las intersecciones, de las etapas de conducción (cruces, aceleraciones y desaceleraciones), etc.

Las principales emisiones de los vehículos son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxido de nitrógeno (NO), plomo (Pb) y partículas en suspensión. La concentración y proporciones de los distintos contaminantes difieren notablemente en función de las condiciones de operación y mantenimiento de los vehículos.

El CO es el principal contaminante de los vehículos a gasolina. Es un producto de la combustión incompleta del combustible. Muy a menudo es asociado con condiciones donde hay falta de oxígeno. Si la combustión es completa el resultado es CO<sub>2</sub> y agua, pero si falta aire se produce CO, tanto más cuanto más rica sea la mezcla en gasolina. El CO es un gas no tóxico pero tiene una gran incidencia en el efecto invernadero.

Los HC también son producto de la combustión incompleta. Si estos HC reaccionan entre sí o se craquizan, se producen HC nuevos que no se queman en el proceso, formándose HC muy pesados que se emiten por los escapes como partículas sólidas.

Los NO se producen cuando, por altas temperaturas y presiones, el nitrógeno del aire reacciona con el oxígeno. La producción de NO será mayor cuanto más alta sea la temperatura máxima del motor.

Los óxidos de azufre SO se derivan de la reacción del azufre contenido como impureza en el combustible con el oxígeno del aire.

Las emisiones de contaminantes tienen su mayor incidencia en vías de comunicación urbana y suburbana.

El grado de contaminación del aire producto del tráfico depende no solo del contenido de sustancias nocivas en los gases de escape de los vehículos, sino además de factores tales como el flujo de tránsito, los tipos de vehículos, la situación estructural del entorno y las condiciones meteorológicas, así como del estado técnico de los vehículos.

Los contaminantes atmosféricos, desde el instante en que son vertidos a la atmósfera se encuentran sometidos a procesos complejos de transporte, mezcla y transformación química, que dan lugar a una distribución variable, de su concentración en el aire, tanto en el espacio como en el tiempo.

Mediante el empleo de modelos de difusión físico-matemáticas se puede determinar el impacto ambiental que una o varias actividades puedan causar en el área afectada

Análisis de los modelos de previsión de impactos sobre el aire.

**Modelo 1.- Desarrollado en Cuba por el Ing. Luis Bonito Lara en 1988.**

El modelo elaborado en Cuba a finales de la década del 80 (Bonito, 1992), que resultó del procesamiento estadístico de 464 muestras instantáneas tomadas en las principales vías de la ciudad, permite calcular la concentración de monóxido de carbono en el aire para períodos de 20 min, a 2 metros de altura y junto al contén de la acera. La expresión del modelo es:

$$CO = Ka (0.023 Nv - 1.5947)$$

Siendo  $Nv$  la intensidad horaria de diseño y  $Ka$  un coeficiente que depende de las características físicas de la vía y del potencial de contaminación vinculado a las características meteorológicas.

Los valores de  $Ka$  pueden obtenerse en la siguiente tabla en función del flujo de tránsito en veh/h, el potencial de contaminación y las características físicas del entorno.

Tabla 9 Valores del coeficiente  $Ka$  para el cálculo del monóxido de carbono. (Bonito, 1992)

	Potencial de contaminación
--	----------------------------

Características físicas	Moderado.						Máximo.
	300*	500*	700*	900*	1000*	> 1000*	> 3000*
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000	1.00	2.30
B	0.38	0.58	0.68	0.72	0.74	0.75	1.20
C	0.16	0.44	0.54	0.58	0.60	0.63	1.00
D	0.01	0.12	0.16	0.18	0.20	0.21	0.55

Simbología.

\* Flujo de tránsito (veh/h)

A: Avenida cerrada y estrecha.

B: Avenida cerrada y ancha.

C: Avenida semicerrada, ancha, en relieve irregular.

D: Avenida semicerrada, ancha, en relieve llano.

El error estándar de estimación asociado a esta fórmula, según el autor, se sitúa en el rango de 1.3 a 3.3 mg/m<sup>3</sup>.

Este modelo estadístico fue desarrollado en la década del 80, para las características, del parque automotor existente en esa época. Permite el cálculo de los niveles de contaminación por monóxido, sólo junto al contén de la acera, sin tener en cuenta los procesos de dispersión. No fue posible comprobar la validez del modelo para las

condiciones actuales, debido a la imposibilidad de realizar mediciones de monóxido de carbono.

## **Modelo 2. Desarrollado en Holanda por Matzoro y Van Vliet en 1992.**

El modelo de regresión no lineal desarrollado (Matzoro and Van Vliet, 1992) permite predecir la contaminación atmosférica para los distintos contaminantes emitidos.

Las expresiones de los modelos de regresión para la hora punta.

$$CO = 1,93 + 0,006Vg - 2,2193Type + 1,6893SEA \text{ (ppm)}$$

$$NO_2 = 0,709 + 0,245 \log Vg - 0,0073Type + 0,017 SEA \text{ (ppm)}$$

$$SO_2 = 0,031 + 0,000193Vd + 0,0173Type + 0,017 SEA. \text{ (ppm)}$$

$$PT \text{ conc} = 5680 + 1850 \log Vg - 72,73Type + 171,4 SEA. \text{ (}\mu/m^3\text{)}$$

Siendo:

Type. Tipo de intersección monitoreada. Intersección=0, rotonda=1.

SEA: Es función de la estación del año. (Primavera =0, Verano = 1)

Vg: Volúmen horario de diseño de vehículos de gasolina.

Vd: Volúmen horario de diseño de vehículos de diesel.

**Modelo 3. CALINE 4. Desarrollado por el Departamento de Transporte del Estado de California, Caltrans.**

El modelo CALINE 4 es el último de una familia que ha ido ganando en desarrollo (CALINE 1, 2 y 3), realizado por el Departamento de Transportación del estado de California (W S, 1999) en el marco del Proyecto "Distribución de contaminantes atmosféricos dentro de los corredores viales" y cuenta con base informática para su ejecución.

Este modelo utiliza las curvas de dispersión Gaussiana, modificadas por el efecto de la rugosidad de la superficie, del tiempo y de la turbulencia inducida por los vehículos. En él intervienen.

- Meteorología de la zona.
- Concentraciones de fondo.
- Crecimiento del tráfico.
- Emisiones.
- Características de la dispersión de contaminantes.

El modelo divide los tramos en una serie de elementos desde los cuales se suman los aportes a un receptor determinado. Cada elemento es modelado como una fuente finita equivalente centrada en el centro del elemento.

El programa computa las concentraciones de los receptores como una serie de incrementos desde cada elemento:

$$C = \frac{1}{\sqrt{2\pi}U} * \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{SGZ_i} * \sum_{k=-CNT}^{CNT} \left[ \exp\left(\frac{-(Z-H+2*k*L)^2}{2*SGZ_i^2}\right) + \exp\left(\frac{-(Z+H+2*k*L)^2}{2*SGZ_i^2}\right) \right] * \sum_{j=1}^6 (WT_j * QE_i * PD_{ij}) \right\},$$

n: Número total de elementos.

CNT: Número de reflexiones múltiples requeridas para la convergencia.

U: Velocidad del viento.

L: Altura de mezcla.

SGZ<sub>i</sub>: Desviación estándar como f(X) para el elemento i.

QE<sub>i</sub>: Potencia de la fuente para cada elemento.

#### Datos de entrada al modelo.

El programa consta de cinco pantallas de entrada de datos correspondientes a parámetros de trabajo, geometría de los tramos, actividad de los tramos, condiciones de corrida y condiciones de los receptores.

- Geometría de los tramos.

Los tramos son definidos como segmentos rectos, con ancho constante, volumen de tráfico, altura y factor de emisión constantes. Las coordenadas (X<sub>1</sub>,Y<sub>1</sub>) y (X<sub>2</sub>,Y<sub>2</sub>) definen los límites de los tramos.

Para cada tramo se introducen datos vinculados a la rasante de la vía, si el tramo está en excavación, terraplén, en puente o al nivel del terreno para definir el comportamiento del penacho y el flujo del aire.



La altura del tramo se define como la altura con respecto al terreno que lo rodea y no como la cota con respecto al nivel medio del mar. La unidad de medida que puede ser pies o metros se define en la hoja de los parámetros de trabajo. Para los tramos en puente la altura será la altura del puente.

La zona de mezclado se define como una zona de emisiones y turbulencia uniformes. La anchura de la zona de mezclado se establece como el ancho de la vía (el ancho de los carriles de circulación, no incluye los paseos) más 3.00m a cada lado para considerar la dispersión horizontal impartida a los contaminantes por el paso de los vehículos.

- Actividad de los tramos.

Se definen los volúmenes de tráfico y los factores de emisión.

- Condiciones de corrida.

Se introducen los parámetros meteorológicos correspondientes, tales como velocidad y dirección de viento predominante, temperatura media, etc. La opción de escoger el peor caso de condiciones meteorológicas existe, utilizándose la velocidad del viento como 1m/s, tal como recomienda la Agencia de protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA).

La dirección del viento se mide desde el norte en el sentido de las manecillas del reloj (acimut). Sin embargo, si la peor condición atmosférica se selecciona, el programa no hace uso de esta entrada.

Otro parámetro a usar es la Clase de Estabilidad atmosférica (Pasquill, 1974). Valores del 1 al 7 corresponden a las definiciones estándar para las clases de estabilidad de la A a la F. La clase 7 representa las condiciones de máxima estabilidad y la que es usada para el caso analizado.

Otro dato interesante a introducir en el modelo es la contaminación de fondo existente en p.p.m. ya que el programa añade los niveles de contaminación modelados a los preexistentes en el área.

- Condiciones de los Receptores.

Las posiciones de los posibles receptores se definen sobre el mismo sistema de coordenadas que sirven para la definición de la geometría de los tramos. El número máximo de receptores por corrida es de 20.

- Parámetros de trabajo.

Dentro de los parámetros de trabajo se establece el tiempo promedio para las concentraciones del contaminante que se quiere evaluar. Otro parámetro a introducir es el tipo de zona, rural, urbana, suburbana o área de parqueo, con el fin de escoger el coeficiente de rugosidad aerodinámica.

En el caso de la contaminación del aire, no fue posible realizar mediciones para validar las consideraciones de los modelos.

Comparación entre los modelos de presión de contaminación del aire.

Tabla 10 Comparación entre los modelos analizados.

Modelo 1. (Bonito, 1989)	Modelo 2. Matzoros y Van Vliet, 1992)	Modelo 3. CALINE 4.
Empírico.	Empírico.	Racional.
Determinación de niveles de contaminación por CO.	Determinación de niveles de contaminación por CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> y PT	Posibilidad de determinación de los principales contaminantes del tráfico.
Niveles de contaminación en los laterales de la vía.	Niveles de contaminación en los laterales de la vía.	Niveles de contaminación para cualquier posición de los receptores.
No existe diferenciación para las distintas pautas de conducción.	No existe diferenciación para las distintas pautas de conducción.	Se establecen diferentes factores de emisión por tramos.
Datos meteorológicos en función de los potenciales de contaminación	Datos meteorológicos en función de las estaciones del año.	Posibilidad de introducción de los datos meteorológicos predominantes.
Concentraciones para tiempo promedio 20 min.	Concentraciones para tiempo promedio 1 hora.	Concentraciones para tiempo promedio que se quiera evaluar.
Tiene en cuenta el tipo de área circundante.	No tiene en cuenta el tipo de área circundante.	Utiliza el tipo de zona para escoger el coeficiente de rugosidad aerodinámica.

Por ser un modelo basado en un método racional, con un esquema teórico conceptual muy desarrollado, existir la posibilidad de obtención de los datos de entrada, permitir múltiples posibilidades de salida de resultados y haber sido verificado según (Caltrans, 1989) con la utilización de gases trazadores en varios campos de datos para las diferentes aplicaciones del Programa, siendo un modelo

aceptado por la Environmental Protection Agency (EPA), se recomienda la utilización del modelo CALINE 4.

En el caso de este modelo es necesario introducir como dato los factores de emisión de los vehículos para los diferentes tramos. En nuestro país en la actualidad, no se cuenta con información confiable al respecto.

### **3.3. Ruidos.**

Al igual que en el caso de la calidad del aire, los impactos de las emisiones sonoras se producen sobre otros componentes del medio físico y social, aunque para prever esos impactos sea necesario estimar los niveles sonoros que pueden producirse con motivo de la construcción y explotación de la nueva vía.

Las acciones que causan un incremento en el nivel sonoro de la zona se pueden dividir en dos fases temporales del proyecto; la obra y la explotación. Durante la primera etapa se producen, tanto incrementos del nivel sonoro continuos como puntuales, mientras que en la explotación los incrementos son de carácter continuo.

Las acciones más importantes en la fase de obras de carácter puntual son las voladuras, bien en el trazado de la carretera, bien en la cantera; entre las de carácter continuo la construcción de la vía, especialmente por utilización de maquinaria pesada, el incremento del tráfico rodado de camiones para transporte de materiales, los de plantas de tratamiento de materiales, etc. Estos impactos son temporales y con posibilidades de mitigación.

Durante la fase de explotación los incrementos sonoros son producidos por el incremento del tráfico rodado.

La falta de uniformidad en el tiempo del ruido producido por la circulación rodada obliga a que se utilice para su descripción y medida, el nivel continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) que normalmente se establece para dos periodos: diurno y nocturno.

El ruido de la circulación tiene su origen en el que produce cada vehículo, y dentro de éstos son muchos los elementos que los componen que son fuente de ruidos.

Hay que distinguir entre los ruidos que se producen con el motor en marcha y el vehículo parado de aquellos que se producen por el propio movimiento del vehículo, a los que se pueden acumular los anteriores, como son los aerodinámicos y el de rodadura, debido al contacto del neumático con el pavimento.

Existen algunas diferencias entre los niveles de ruido producidos por los distintos elementos, según el tipo y la marca del vehículo (Ruza, 1994).

- Vehículo parado

Motor: Irradia, a través del bloque y cárter, el ruido debido a las explosiones del carburante y funcionamiento de mecanismos. Puede producir hasta 78 dB(A).

Ventilador: Del equipo de refrigeración del motor. Puede producir hasta 82 dB(A).

Admisión del aire para la combustión, a través del filtro. Hasta 75 dB(A).

Escape de gases: Ha sido siempre el más controlado y sobre el que se ha ejercido una mayor presión legal para reducir la emisión de ruidos. Al principio, el ruido de las

explosiones era fortísimo y aterrorizaba a cuantos se cruzaban con un automóvil. Para evitarlo y al mismo tiempo buscando el confort de los pasajeros, se promulgaron normas, cada vez más estrictas, cuyo nivel de exigencia no ha finalizado todavía. Puede producir hasta 85 dB(A).

- Vehículo en movimiento

Aerodinámicos y carrocería: Según el perfil del vehículo y colocación de la carga. Nivel de ruido indeterminado.

Rodadura, por el contacto neumático pavimento:

Hasta 75 dB(A) para velocidades inferiores a 60 km./h.

Hasta 95 dB(A) para velocidades superiores a 60 km./h.

Los niveles de ruido indicados anteriormente han sido calculados a 1,5 m de la fuente productora del ruido.

Para la previsión del ruido de tráfico, en la etapa de explotación, se han desarrollado en diversos países, en función de su nivel de desarrollo, métodos que resultan tanto de consideraciones teóricas como empíricas e involucran potencia acústica de emisión y ciertas correcciones debidas a los múltiples factores que intervienen en el proceso.

Los métodos son en general de dos tipos:

- Métodos manuales basados en ábacos, tablas o ecuaciones analíticas simples.

- Simulaciones numéricas mediante cálculo automatizado.

En el primer grupo una fórmula general de cálculo, resultante tanto de consideraciones teóricas como empíricas, permite determinar el nivel de ruido producido por el tráfico, realizando las correcciones mediante tablas o gráficos que generalmente tienen la misma procedencia.

El uso de modelos computarizados permite llevar a cabo previsiones en la mayoría de los escenarios. Son capaces de evaluar los fenómenos acústicos de propagación, reflexión y absorción. La salida de los programas depende tanto de la complejidad de los modelos como de la calidad de los datos de entrada.

Las consideraciones de los distintos modelos analizados se detallan a continuación.

#### **Modelo 1 desarrollado en Cuba por la Dra. Arquitecta Aida Ambou.**

Es un modelo empírico desarrollado en la década del 80 y establecido como procedimiento regulatorio del Ministerio de la Construcción en 1987.()

Las expresiones de cálculo son.

$$L_{50} = 24,5 + 17 \log Q$$

$$L_{10} = 53 + 9,5 \log Q$$

$L_{50}$  = Nivel de ruido estadístico promedio (dBA)

$L_{10}$  = nivel de ruido estadístico cuasimáximo (dBA)

Q = Intensidad horaria de diseño.

Consideraciones del modelo:

El nivel de ruido se calcula a 1.00m de distancia de la vía y 1.20m sobre el nivel del suelo.

30% de vehículos pesados.

Vía en terreno libre de obstáculos.

Velocidad promedio 50-60 km/h.

Pendiente hasta el 2%

Superficie de rozamiento: asfalto u hormigón.

Si las condiciones de aplicación no coinciden con las consideraciones del modelo se aplicaran correcciones al nivel de ruido calculado.

Correcciones:

$\Delta L_1$ : Esta corrección se aplicará en el caso de que la vía no se desarrolle en terrenos abiertos sino rodeados de edificaciones u otro tipo de obstáculos. Los valores de este incremento están en relación con la altura del obstáculo más bajo y la distancia que los separa entre sí a ambos lados de la vía.

$\Delta L_2$ : Se aplicará cuando el porcentaje de vehículos pesados no corresponda con el planteado.

$\Delta L_3$ : Se aplicará cuando la velocidad promedio de los vehículos sea otra a la planteada.



$\Delta L4$ : Se utilizará para pendientes de vía mayores del 2%.

$\Delta L5$ : Se utiliza en los casos en que la superficie de rodamiento no sea asfalto u hormigón.

$\Delta L6$ : Se aplicará en las secciones de la vía donde el tráfico no es fluido.

$\Delta L7$ : Limitada al emplazamiento de la vía entre paredes reflectantes.

Para calcular el ruido a una distancia  $x$  de la vía se parten de los valores obtenidos a 1.00m sumándose los incrementos obtenidos en función de la distancia.

#### **Modelo 2 desarrollado por el Dr. Licenciado Carlos Barceló del INHEM.**

Es un modelo empírico desarrollado en la década del 80 (Barceló, 1992)

La formulación del modelo es:

$$Leq = 55,48 + (5,55 \cdot 3 \cdot tp) + (64,213 \cdot d3) + (1,23 \cdot 3 \cdot d4)$$

$$tp = \log(m \cdot 3 \cdot v)$$

$m$ : flujo horario de vehículos pesados. (veh/h)

$v$ : velocidad media de los vehículos pesados. (km/h)

$d3$ : pendiente de la vía. (radianes)

d4: uso de las edificaciones adyacentes (0:sin uso, 1: vivienda, 2:comercio, 3:taller o industria)

Consideraciones del modelo.

El nivel de ruido se calcula a 1.00m de distancia de la vía y 1.20m sobre el nivel del suelo.

No considera vías en que el tránsito no es fluido (intersecciones, semáforos).

**Modelo 3. Método "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen", o abreviadamente RLS-90 (60).**

Este modelo ha sido desarrollado en Alemania por el BAST (Laboratorio Alemán de Investigación de Carreteras). Dado que está publicado en idioma alemán, ha sido mucho menos divulgado que otros, escritos en inglés o francés.

El cálculo de los niveles de ruido se hace a través de un modelo que se basa en que la emisión de ruido producido por una carretera (o uno solo de sus carriles) se puede estimar a partir de los siguientes datos:

- Intensidad del tráfico
- Velocidad de los vehículos
- Proporción de vehículos pesados
- Tipo de superficie de la carretera
- Pendiente

El ruido que registrará un punto concreto (punto de inmisión) dependerá a su vez de otros factores tales como la distancia al lugar de emisión y la diferencia media de altura entre emisor y receptor. Puede estar asimismo incrementado por la existencia de reflexiones en edificaciones u obstáculos cercanos, o por el contrario atenuado por algún tipo de apantallamiento (pantalla acústica, muro de tierra, edificios delanteros, túneles, etc.).

El aumento de nivel de ruido que podría producir el estar la calzada mojada no se tiene en cuenta. Está considerada la posible existencia de un viento suave (unos 3 m/s) desde la carretera hacia el lugar de inmisión, y una inversión térmica que permita la difusión libre del sonido en el aire.

Como resultado final después de todos los cálculos, se obtiene un valor llamado nivel resultante  $L_r$ . Este valor es igual al nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$  ó  $L_m$ ) en lugares con tráfico continuo. Si se está cerca de cruces regulados por semáforos o incorporaciones se añade al  $L_m$  un coeficiente  $K$ , debido al aumento de nivel sonoro que se produce por las aceleraciones y frenadas de los vehículos, obteniéndose así el  $L_r$ . El valor de  $L_r$  se obtiene como suma algebraica de varios términos:

$$L_r = L_m(25) + D_v + D_{strO} + D_{stg} + D_E + D_s + D_{BM} + K$$

El  $L_r$  se calcula separadamente para el día y para la noche.

El nivel sonoro equivalente de un carril se puede calcular considerando que la carretera es un emisor lineal de sonido si se cumplen las siguientes condiciones:

El tramo recto del carril tiene que estar comprendido en una zona determinada por el punto de inmisión y una franja a cada sentido de la carretera cuya longitud mínima sea:

$$l_z = 48 \cdot \sqrt{s}$$

Siendo  $s$  la distancia entre el carril y el punto de inmisión.

Si hay instalado algún tipo de protección acústica tal como una pantalla o un dique de tierra, se debe considerar entonces una distancia de  $2 \cdot l_z$ , en ambos sentidos.

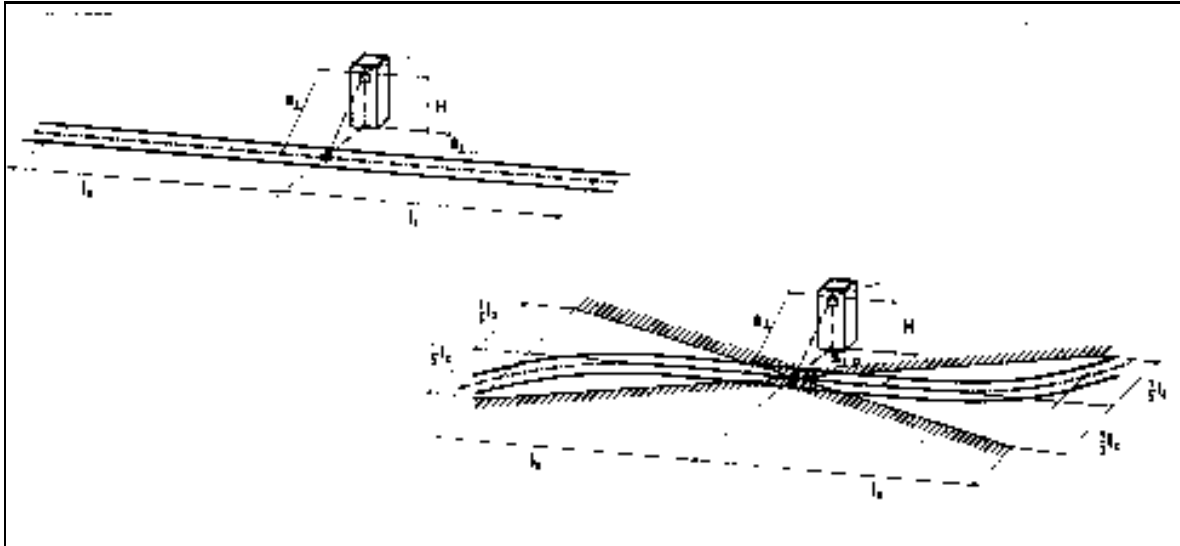
El carril tiene que estar comprendido entre las líneas rayadas según se describe en la figura 5

La emisión y las condiciones de transmisión del sonido tienen que ser aproximadamente constantes a lo largo de toda su longitud.

Cuando se cumplen todas estas condiciones se podrá calcular con el método de la carretera "larga y recta". En caso de que no se cumpla alguna de ellas no se puede emplear esta forma de cálculo, sino que se deberá aplicarse otro método, el llamado "por secciones", que es muy similar pero con diferentes valores de los coeficientes.

A continuación se describirán cada uno de los términos que componen la ecuación que permite hallar el nivel resultante.

Figura 5 Definición de carretera "larga y recta"



Nivel sonoro equivalente a 25 m:  $L_m(25)$

El  $L_m(25)$  se obtiene por medio de una fórmula experimental con las siguientes condiciones de borde:

Distancia horizontal: 25 m

Superficie de la calzada sin ranuras gruesas

Velocidad máxima permitida: 100 Km./h

Pendiente: igual o menor del 5%

Libre difusión del sonido, con  $h_m = 2,25$  m

$$L_m(25) = 37,3 + 10 \cdot \log [M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)]$$

Siendo M la intensidad media horaria de vehículos, y p el porcentaje de vehículos pesados.

Corrección por velocidad:  $D_v$ .

Con este coeficiente corrector se tienen en cuenta los casos en que la velocidad sea diferente de 100 Km./h. Para poder calcularlo hay partir de los siguientes datos:

$V_{pkw}$  : velocidad máxima permitida a vehículos ligeros (de 30 a 130).

$V_{Lkw}$  : velocidad máxima permitida a vehículos pesados (de 30 a 80).

$L_{pkw}$  : nivel sonoro equivalente  $L_m$  de 1 vehículo ligero.

$L_{Lkw}$  : nivel sonoro equivalente  $L_m$  de 1 vehículo pesado.

Una vez obtenidos estos valores, el coeficiente corrector por velocidad  $D_v$  se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D_v = \frac{100 + (10^{0,1 \cdot D} - 1) \cdot p}{L_{pkw} - 37,3 + 10 \cdot \log [M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)]}$$

siendo :

$$L_{p_{kw}} = 27,7 + 10 \log [1 + (0,02 \cdot V_{p_{kw}})^0]$$

$$L_{L_{kw}} = 23,1 + 12,5 \cdot \log(V_{L_{kw}})$$

Tabla 11 Corrección por tipo de superficie  $D_{stro}$

Tipo de superficie de la calzada	$D_{stro}$
Aglomerado asfáltico con poros abiertos, con más del 15% de huecos y 0/8	-5,0
Aglomerado asfáltico con poros abiertos, con más del 15% de huecos y 0/11	-4,0
Aglomerado asfáltico menor de 0/11 Asfalto Splitmástix 0/8 y 0/11	-2,0
Asfalto fundido sin ranurados	0,0
Hormigón con barrido de cepillo metálico	1,0
Hormigón de asfalto fundido con ranurados	2,0
Adoquinado con superficie nivelada	3,0
Adoquinado sin nivelar	6,0

Se tendrá en cuenta el diferente nivel de ruido que se produce según sea el tipo de superficie que presenta la calzada de la carretera mediante este coeficiente corrector. Su valor medido en dB(A) se extrae directamente de la tabla anterior.

Corrección por pendiente.-  $D_{stg}$

La corrección por la pendiente de la carretera se tiene en cuenta solamente si es mayor del 5%, mediante la siguiente fórmula:

$$D_{stg} = 0,6 \cdot |i| - 3$$

Siendo  $i$  el desnivel en %.

Corrección por distancia:  $D_s$

La influencia de la distancia y la atenuación del aire se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$D_s = 15,8 - 10 \cdot \log(s) - 0,0142 \cdot (s)^{0,9}$$

Siendo  $s$  la distancia entre los puntos de emisión e inmisión.

Corrección por el suelo y la atmósfera:  $D_{BM}$

En caso de transmisión libre del sonido hay una atenuación debida al influjo del suelo y las condiciones atmosféricas. Se calcula con la siguiente fórmula:



$$D_{BM} = -4,8 \cdot \exp \left[ -h_m / s \cdot (8,5 + 100/s)^{1,3} \right]$$

Siendo  $h_m$  la altura media entre el suelo y la línea de conexión entre emisor y receptor.

En caso de existir algún sistema de apantallamiento esta corrección no se tendrá en cuenta.

Corrección por condiciones topográficas y constructivas:  $D_B$

Para tener en cuenta las características geométricas de la zona se emplea esta corrección, que está compuesta a su vez por otras dos:

$$D_B = D_{refl} - D_z$$

Siendo  $D_{refl}$  la corrección por reflexión múltiple y  $D_z$  la corrección por apantallamiento.

Corrección por reflexión múltiple:  $D_{refl}$

Si una calle o carretera transcurre entre paredes, muros o fachadas sensiblemente paralelas, con discontinuidades vacías que no superen el 30% de la longitud, se produce una elevación del  $L_m$  por las múltiples reflexiones que se producen entre las paredes. Este aumento se evalúa mediante la fórmula siguiente:

$$D_{refl} = 4 \cdot h_{beb} / w \leq 3,2$$

Siendo  $h_{beb}$  la altura media del muro, fachada o pared y  $w$  la distancia entre las superficies que reflejan.

Estos muros o paredes pueden ser revestidos con material absorbente, en cuyo caso la fórmula anterior queda así:

$$D_{refl} = \underline{2} \cdot h_{beb} / w \leq 1,6$$

Si hubiesen sido forrados con pantallas clasificadas como muy absorbentes, no habría que tener en cuenta este efecto, puesto que no habría apenas reflexión sobre las paredes.

Corrección por apantallamiento:  $D_z$

Una disminución del ruido se consigue mediante la instalación de sistemas de apantallamiento, cuando se interpone un obstáculo entre la carretera y el punto de inmisión. La corrección por apantallamiento de una pantalla paralela a un carril largo y recto es:

$$D_z = 7 \cdot \log \left[ 5 + \left( \frac{70 + 0,25 \cdot s}{1 + 0,2 \cdot z} \right) z K w^2 \right]$$

Siendo z el valor de pantalla.

Este valor z se calcula como la diferencia entre el camino recorrido por la onda sónica y la distancia entre emisor y receptor mediante la siguiente fórmula:

$$z = A + B + C - s$$

siendo:

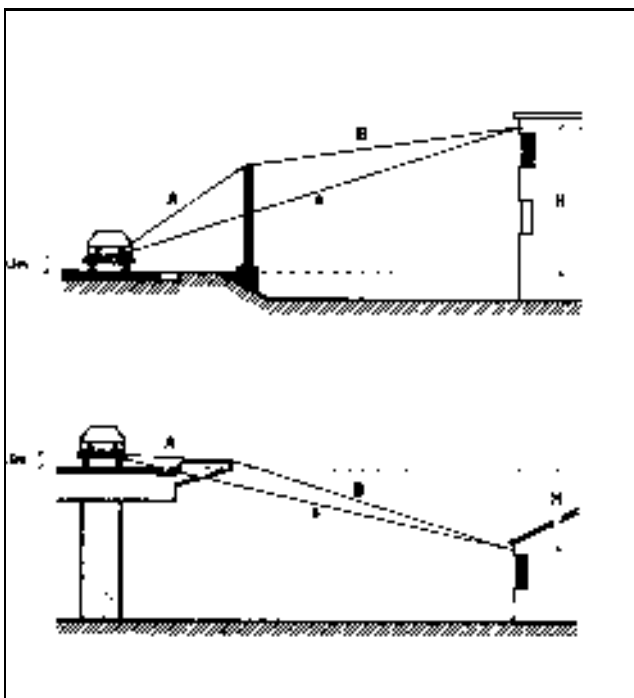
A: la distancia del punto de emisión al punto de inflexión del obstáculo.

B: la distancia de la última esquina al punto de inmisión.

C: la distancia entre la esquina a la última (anchura de la pantalla).

s: la distancia emisión-inmisión.

Figura 6 Definición del valor de pantalla: z



El coeficiente  $K_w$  es un corrector para tener en cuenta el posible desvío de las ondas acústicas por inversión térmica o influjo del viento.

La corrección  $D_z$  es válida siempre que la pantalla tenga una longitud mínima de:

$$d_o = \left( \frac{34 + 3D_z}{(100 + s)^{0,5}} \right) B$$

Si la longitud mínima de pantalla fuera superior a la longitud de la carretera en ese tramo, se deberá emplear el método "por secciones".

Coeficiente para hallar el valor resultante: K

El valor resultante de  $L_r$  en un punto, es la suma del nivel sonoro equivalente más un coeficiente corrector K, en función de la proximidad de cruces regulados por semáforos o incorporaciones al punto de inmisión.

$$L_r = L_m + K$$

Siendo  $L_m$  el nivel sonoro equivalente de la carretera, y K el coeficiente corrector según la tabla siguiente.

Si se encuentran más de un cruce cerca del lugar de inmisión se considera sólo el más cercano.

Tabla 12 Coeficiente corrector por distancia al cruce

Distancia desde el punto de inmisión hasta el cruce	K [dB (A)]
menos de 40 m	3
de 40 á 70 m	2
de 70 á 100 m	1
m á s de 100 m	0

#### Modelo 4. Método francés "Guide de bruit des transpots terrestres"

Es un modelo empírico desarrollado por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras de Francia (Trigueros, 1999)

La expresión del modelo es:

$$Leq = 18 + 10 \log (Q_{vl} + E Q_{vp}) + 20 \log V - 12 \log (d + lc/3) + 10 \log (v/180) + K$$

$Q_{vl}$ ,  $Q_{vp}$ : número de vehículos ligeros y pesados en el período t.

E: factor de corrección por equivalencia entre vehículos ligeros y pesados.

V: velocidad en km/h.

D: distancia al borde de la carretera.

$L_c$ : anchura de la carretera.

$\alpha$ : ángulo de visión (ángulo bajo el que se ve la carretera en grados)

$K$ : corrección debida a situaciones especiales.

Esta expresión da un nivel sonoro medio a dos metros delante de la fachada de los edificios. Para calcular un nivel en campo libre hay que disminuir 2-3 dB(A) al resultado obtenido.

En relación con los modelos basados en simulaciones numéricas mediante cálculo automatizado se valoraron los modelos franceses MICROBRUIT y MITHRA (Trigueros, 1998).

La estructura general de ambos modelos es la siguiente:

- Descripción topográfica del lugar, definiendo la ubicación de los puntos receptores, características absorbentes del terreno, presencia de obstáculos naturales o artificiales, etc.
- Definición de las fuentes de emisión (carreteras, ferrocarril, etc.), perfil longitudinal, secciones, estructuras (viaductos, túneles, terraplenes, excavaciones, etc.)
- Caracterización acústica de las fuentes (flujo de tráfico, velocidad media, tipo de vehículo, etc.).
- Análisis de la difusión del sonido en su propagación. Es necesario tener en cuenta las reflexiones y las difracciones provocadas por los obstáculos y la absorción acústica del aire.
- Salida de resultados: Índices y descriptores acústicos tales como  $L_{eq}$ , isofonas y mapas.

Las influencias meteorológicas no se consideran.

Los programas ofrecen muchas posibilidades de cálculo y en un período relativamente corto se pueden realizar previsiones para un gran número de puntos de recepción.

Para complementar el análisis de los modelos se realizaron mediciones de campo en el marco del proyecto de la Autopista de entrada a la Habana.

Las sesiones de medición se efectuaron en el curso de 10 días representativos, en horas diurnas. Se utilizó un sonómetro digital de precisión BK-2230, con un micrófono prepolarizado tipo 4155 acoplado con una capacitancia de 16,9 pF, con respuesta de frecuencia plana en la región de audio con distorsión armónica por debajo del 3 %. El sistema fue calibrado doblemente:

- Utilizando un oscilador de referencia interno
- Utilizando una fuente de referencia en línea

Para el segundo ajuste se empleó un pistófono BK-4230, portando una señal de 93,6 dB(lin) a la cabeza del micrófono. El ajuste se efectuó por presión acústica contra el estándar de referencia  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$  a la frecuencia de 1 Khz. La estabilidad de calibración se comprobó en mediciones secuenciadas a 1 minuto. El sistema ajustó los estándares propuestos IEC 651 para medidores de nivel sonoro integradores tipo 1 I, así como ANSI S1.41971 Tipo 1. El error absoluto de la medición no fué peor de 1 dB(SPL). El rango lineal utilizado fué de 70 dB(spl) a partir del nivel de 24 dB(spl), límite inferior de sensibilidad.

El nivel equivalente de ruido fluctuante fue estimado con el parámetro de equivalencia  $q=3$ , que se corresponde con la expresión de la media por energía. La ponderación de frecuencia A, empleada en la medición se estableció para la zona de 20 Hz a 20 KHz. Se utilizó un valor eficaz de resolución cronológica de 125 ms (estándar FAST), que se corresponde al procesamiento cuadrático medio del muestreo de la señal. El micrófono se orientó según la normal al eje de la futura vía y a un ángulo de elevación de 10°. Para aislar la componente del sonido del viento débil se utilizó un apantallamiento del micrófono a través de un protector de poliuretano.

La medición se efectuó en ausencia o con débil advección de aire, lo que fue comprobado por anemometría. Con velocidades sobre 7 m/seg no se efectuarían mediciones. Adicionalmente fue medida la temperatura seca y humedad relativa del aire en cada ocasión de medición en los puntos. La velocidad del viento se midió en el plano del micrófono y a su altura con un anemómetro de copas portátil Y-11 con incertidumbre de 0,5 m/seg, en tanto las temperaturas seca y húmeda del aire se midieron con un psicrómetro de aspiración ASSMAN con errores de 0,1 °C. La humedad relativa se calculó con una incertidumbre de 5 %. El equipamiento empleado en las mediciones contaba con revisión metrológica actualizada del CITMA.

Al mismo tiempo se realizaron conteos de tráfico por métodos manuales, determinándose los volúmenes horarios totales y los porcentos de vehículos pesados. También se establecieron las características geométricas y topográficas de los tramos.

Comparación entre los modelos de previsión de ruido.

Tabla 13 Comparación entre los modelos de previsión de ruido.

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	MICROBRUIT	MIHTRA
----------	----------	----------	----------	------------	--------



Aida Ambou.	Barceló	RLS	GBT T		
Empírico.	Empírico.	Empírico.	Empírico.	Racional.	Racional.
Niveles de ruido a 1.00m de la vía y 1.20m del suelo.	Niveles de ruido a 1.00m de la vía y 1.20m del suelo.	Niveles de ruido a 25.00m de la vía y 1.20m del suelo.	Niveles de ruido a 2.00m de la fachada.	Niveles de ruido en cualquier posición del receptor.	Niveles de ruido en cualquier posición del receptor.
Se consideran correcciones por:  1. Obstáculos. 2. V. Pesados. 3. Velocidad. 4. Pendiente. 5. Superficie. 6. Fluidez. 7. Emplazamiento	Se consideran correcciones por:  V. Pesados Velocidad. Pendiente. Uso de edificaciones adyacentes.	Se consideran correcciones por:  1. Obstáculos. 2. V. Pesados. 3. Velocidad. 4. Pendiente. 5. Superficie. 6. Fluidez. 7. Emplazamiento	Se consideran correcciones por:  1. V. Pesados. 2. Velocidad. 3. Superficie. 4. Anchura de la vía. 5. Angulo de visión	Se consideran en el modelo:  1. Topografía. 2. Perfil long. 3. Velocidad 4. Tipo de veh. 5. Obstáculos. 6. Absorción acústica del aire 7. Características absorbentes del terreno.	Se consideran en el modelo:  8. Topografía. 9. Perfil long. 10. Velocidad 11. Tipo de veh. 12. Obstáculos. 13. Absorción acústica del aire 14. Características absorbentes del terreno.
Existen datos de entrada.	Existen datos de entrada.	Existen datos de entrada.	Existen datos de entrada.	No existen datos para la caracterización acústica de la fuente.	No existen datos para la caracterización acústica de la fuente.
Error medio en la medición 3.2 dB	Error medio en la medición 9.1 dB	-	-	-	-
Se puede emplear en	Se puede emplear en	No se puede emplear en	No se puede emplear en	No hay acceso a los	No hay acceso a los

Ecuador	Ecuador	Ecuador	Ecuador	programas.	programas.
---------	---------	---------	---------	------------	------------

Los modelos MICROBRUIT y MIHTRA son racionales, pero requieren como datos de entrada los factores de emisión de ruido. En Ecuador no existe base de datos al respecto. No hay acceso a los programas implementados para su aplicación.

Los modelos RLS y GBTT, son empíricos y se evaluaron con el objetivo de analizar su esquema conceptual y compararlos con los dos nacionales. El modelo alemán se considera el más completo de los empírico, por los múltiples factores considerados. La corrección producto de tráfico no fluido, en función de la distancia al cruce (tabla 11) fue corroborada en la práctica como válida.

Por el esquema conceptual desarrollado, por ser menor el error en las mediciones efectuadas y considerar la mayoría de los factores de corrección que utilizan otros métodos reconocidos, se propone la utilización del modelo 1 desarrollado por la Dra. Aida Ambou para la predicción de los impactos de ruido, sustituyendo la corrección considerada en este método por tráfico no fluido, por la propuesta en la tabla 11 de la norma alemana que es función de la distancia al cruce.

### **3.4. Geomorfología.**

Las alteraciones que una obra vial provoca sobre la geomorfología son evidentes al variar las características del terreno por la introducción de la rasante de la vía. En función del tipo de terreno y de las características del trazado estas alteraciones serán más o menos significativas.

El análisis de los impactos sobre las formas del relieve son importantes por sí mismos y por la influencia que tienen sobre otras variables ambientales tales como hidrología, paisaje, etc.

Como método de evaluación de impactos sobre la geomorfología se propone el análisis de la alteración, superponiendo la rasante proyectada sobre un plano topográfico, sobre el que se sustituyan las curvas de nivel del terreno por las curvas de proyecto. Una representación en 3D del área con y sin proyecto puede ser útil para analizar la magnitud del impacto. Los volúmenes de movimiento de tierras a ejecutar y el cambio de categoría del terreno por la introducción de la rasante complementa la evaluación.

### **3.5. Geología.**

Los efectos que sobre la geología puede provocar la construcción de una obra vial están ligados principalmente a los movimientos de tierras y la ocupación del espacio, así como a la explotación de los yacimientos de áridos para la obtención de los materiales necesarios.

Las alteraciones que se producen en estos componentes del ecosistema son fundamentalmente:

- Aumento de los riesgos de inestabilidad de las laderas.
- Erosión.
- Destrucción de yacimientos minerales o de puntos de interés geológico.

La fase más interesante para tener en cuenta este tipo de alteraciones coincide con la comparación de alternativas puesto que con ello se puede evitar en gran parte que el

trazado transcurra por aquellas zonas con alto nivel de riesgo debido a las características litológicas y estructurales.

La forma de prever los impactos ambientales sobre la geología estará vinculada a la predicción de los riesgos geológicos. Es necesario tratar de predecir el riesgo que va a producirse como consecuencia del cambio de uso, por la ocupación del suelo por la nueva vía.

#### **3.5.1 Riesgos de inestabilidad.**

Se pueden distinguir dos grandes grupos de fenómenos de inestabilidad, desprendimientos y corrimientos. Lo que diferencia a los primeros es que en ellos la masa inestable se cae.

Se producen frecuentes desprendimientos en los farallones rocosos, en cuya parte superior suele aparecer diaclasas verticales. El fenómeno es particularmente intenso en las rocas extrusivas en los que se presenta con frecuencia una red de diaclasas verticales resultante de la lava al enfriarse. La magnitud de los desprendimientos puede depender de la red de diaclasas subperpendiculares a la anterior que se presenta en muchas ocasiones. Si esta red de diaclasas buza aunque sea ligeramente hacia el interior del macizo, dicho macizo será relativamente estable; sólo si el farallón es erosionado en su base por una corriente de agua o por la acción del oleaje, se producirán de tiempo en tiempo desplomes de grandes paquetes de columnas, que caerán en vertical al romper por tracción a través de una diaclasa. Si por el contrario la diaclasa buza hacia el exterior del macizo, la ladera será inestable, produciéndose la inclinación de las columnas por flexión, y su consiguiente desplome (Ballester, 1995).

La presión del agua en las diaclasas es causa importante de desprendimiento. Este fenómeno se acrecienta durante los meses de lluvia. Aunque son menos frecuentes, también se producen desprendimientos en los suelos, especialmente si son cementados.

Las técnicas para prever la inestabilidad del terreno ante una actuación debe incluir:

- Estudio histórico y localización de pasados movimientos.
- Reconocimiento y estudio de las condiciones que motivan tales movimientos en el lugar del emplazamiento.
- Reconocimiento y estudio del efecto desestabilizador que la carretera puede provocar.

La información necesaria para el estudio de susceptibilidad a los movimientos es:

- ☐ Fotografías aéreas.
- ☐ Mapas topográficos.
- ☐ Mapas geológicos.
- ☐ Mapas litológicos.
- ☐ Mapas de hidrología superficial y subterránea.
- ☐ Mapas de vegetación.

### **3.5.2. Riesgos de erosión.**

La erosión es el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo causado por el agua y el viento.

La ejecución de carreteras impone muchas veces la modificación del equilibrio de los sistemas naturales, dando lugar a erosiones edáficas que tienen una especial incidencia económica y medio ambiental.

Las roturas del pavimento e invasiones de la calzada, con el consiguiente peligro para el tráfico rodado; la rotura y pérdida de funcionalidad de drenajes, de muros y otros desperfectos que pueden ocasionar problemas de estabilidad de taludes de desmonte o terraplén; el descalce de estribos de obras de fábrica y el efecto estético desagradable que producen, son algunos de los problemas que la erosión viene provocando en las vías de comunicación.

La construcción de estas obras exige grandes explanaciones y movimientos de tierra, que al poner en contacto con el medio ambiente terrenos desprovistos de vegetación, provocan arrastres de suelo que darán origen a sedimentos incontrolados.

De las causas que motivan la erosión, la debida a las aguas de escorrentía es la que ejerce, generalmente el mayor efecto separador de partículas del suelo, por los esfuerzos y acciones mecánicas que suelen acompañar a las corrientes de agua; si la erosión es del tipo laminar, aparte de otros efectos, elimina las partículas más finas del suelo haciéndole perder fertilidad.

El tema de la evaluación y la cuantificación de las pérdidas de suelo es una de las cuestiones más debatidas en el campo de la erosión. Los diversos métodos han evolucionado desde formulaciones puramente descriptivas, enraizadas en los modelos de

la geodinámica externa, hasta modelos matemáticos complejos que regulan el proceso de erosión.

Para el caso de la erosión hídrica han sido desarrollados una serie de modelos diseñados para predecir y controlar las alteraciones al suelo que puede darse tanto en forma natural como provocada por las actividades humanas. La formulación más generalmente usada que ha llegado a conocerse como la "Ecuación Universal" (Wish, Meir y Smith, 1958) es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A: Pérdida media anual de suelo en ton/hectárea.año

R: Factor de lluvia.

K: Factor de erosionabilidad del suelo.

L: Factor de longitud de pendiente.

S: Factor de inclinación de la pendiente.

C: Factor de ordenación de los cultivos.

P: Factor de control de la erosión mediante prácticas de cultivo.

Con esta ecuación es posible determinar la erosión actual o la que es susceptible de producirse por efecto de alguna actuación humana. La diferencia, para hallar un tipo u otro, estriba en el valor de los factores que se introducen en la ecuación.

Riesgos asociados a determinadas litologías.

- Expansividad.
- Asociados al carso.

La expansividad es una propiedad peculiar de algunos suelo arcillosos de experimentar cambios de volumen cuando varia su contenido de agua.

Esta inestabilidad volumétrica genera movimientos diferenciales con levantamientos y asentamientos que distorsionan las estructuras que sobre ellas se ubican. Un factor detonante puede ser una actuación geotécnica.

La predicción de los impactos se lleva a cabo evaluando en el laboratorio la plasticidad del suelo soporte.

### **3.5.3. Riesgo cársico.**

Los riesgos cársicos pueden ser de dos tipos: geomecánicos e hidrogeológicos. Entre los geomecánicos: asentamientos, subsidencias y hundimientos.

Como métodos de predicción se propone al menos la ubicación en el espacio de las áreas de posible riesgo.



La cartografía de las dolinas existentes permite inferir las condiciones de ocurrencia de los hundimientos. De ese modo se puede determinar las zonas de máximo riesgo de nuevos colapsos. A este fin las técnicas geofísicas pueden ser utilizadas.

#### **3.5.4. Riesgos de inundación.**

En general una inundación se produce cuando el curso de un cauce recibe una cantidad tal de agua que supera su capacidad de almacenamiento, se desborda y se extiende por el valle. En función de la magnitud de las avenidas pueden preverse cuales serán las zonas inundadas en función de la morfología, caudales esperados y períodos de recurrencia.

La cuantía del impacto que se puede generar sobre los puntos de interés y los yacimientos minerales dependen en gran medida de su importancia. Estos yacimientos poseen un elevado valor documental, puesto que permiten en muchas ocasiones datar las diferentes formaciones geológicas y a un nivel evolutivo pueden aportar una información única. Por ello es extremadamente necesario preservarlos y evitar cualquier tipo de impacto sobre ellos.

La metodología a emplear para la identificación de este tipo de impacto es la superposición de los elementos del proyecto sobre la situación preoperacional.

#### **3.6. Hidrología superficial y subterránea.**

Las acciones del proyecto que ocasionan impactos en la hidrología superficial y subterránea son varias.

El efecto barrera en los flujos de agua es uno de los más importantes. Se pueden generar un aumento de los riesgos de inundación. El efecto de corte no se reduce a las aguas superficiales sino que también puede afectar a las subterráneas por las excavaciones debidas a la construcción de zanjas, cunetas, etc., produciendo en descenso en los niveles piezométricos y afectando a la vegetación freatófila de zonas circundantes (M O P T, 1992).

La desviación temporal o permanente de caudales es otra de las acciones del proyecto que pueden tener incidencias. Estas desviaciones producen un cambio en la organización de las aguas superficiales que repercute a muy distintos niveles como son: los procesos locales de erosión-sedimentación, la vegetación ripícola, etc.

Los efectos sobre la hidrología superficial y subterránea no se circunscriben a la zona donde se producen, sino que pueden transmitirse a áreas muy alejadas, por lo que el ámbito a considerar deberá ser en ocasiones mucho más extenso que el entorno a la vía.

La construcción de la vía, desviación temporal o permanente de caudales, impermeabilización de superficies, erosión hídrica debido al movimiento de tierras, arrastre de las partículas y contaminantes provenientes de las emisiones atmosféricas (Pb, principalmente) utilización de aditivos para la conservación de la vía, vertidos accidentales, etc., pueden producir cambios en la calidad de las aguas, en los caudales o en los flujos de circulación.

Otro aspecto que puede verse afectado se basa en los procesos de recarga de acuíferos. Las aguas de que no se infiltran suelen ser conducidas a un cauce, con lo que la tasa de infiltración es nula. En resumen los procesos de recarga de acuíferos pueden reducirse, dependiendo de los materiales subyacentes y de las características de los flujos de las escorrentías de la vía.

La previsión se puede realizar a un nivel cuantitativo siempre que se poseen buenos datos de entrada (por ejemplo, caudales de los cursos, datos de pluviometría de la cuenca con un período de años fiable, etc.); más difíciles de prever son las modificaciones subsiguientes, especialmente cuando los cambios de caudal son de poca entidad, por lo que en muchas ocasiones podrán ser cualitativas.

Para prever la organización de las aguas superficiales se propone la confección de un plano de curvas de nivel modificadas por el nuevo proyecto así como una representación en 3D del área.

La calidad de agua puede verse afectada tanto durante la fase de construcción como de explotación. En la primera, los principales parámetros que pueden modificarse son los sólidos disueltos y en suspensión y los nutrientes (debido a los movimientos de tierra) y las grasas e hidrocarburos (por vertidos accidentales en zonas de almacenamiento y por la maquinaria pesada).

Durante la explotación los principales contaminantes son los derivados de la deposición de las emisiones atmosféricas principalmente partículas y plomo, y los de conservación de la vía que incluyen herbicidas y cloruros sódicos; también en esta fase pueden producirse vertidos ocasionales y derrames de aceites y grasas. El arrastre de todas estas sustancias van a parar a los distintos cursos fluviales pudiendo ocasionar cambios en la calidad de las aguas.

Este tipo de contaminación es difusa ya que no tienen un punto localizado de vertido (intermitente) y no pueden controlarse en el punto de origen y es difícil de predecir (20). Una primera consideración sería desarrollar una lista de materiales que se utilizarán durante la construcción y explotación de la vía. Por otro lado un control de las operaciones tanto en la construcción como en la explotación minimizan estos impactos.

### **3.7. Suelos.**

Las afecciones sobre suelos se concretan por un lado en relación con la destrucción directa o compactación por la construcción de la vía y los movimientos de tierras y, por otro lado respecto a la acumulación de una serie de contaminantes transmitidos por vía atmosférica o por vía hidrológica, a través de los arrastres de las aguas de escorrentías.

De ellos el primer tipo de afección es el más importante y su magnitud está en función de las superficies destruidas y de la calidad edáfica de las superficies ocupadas. Hay que tener en cuenta no sólo la superficie afectada por la vía, desmontes y terraplenes, sino también las obras inducidas (vías de acceso, canteras de extracción de áridos, etc.) y las superficies en que el suelo sufre una compactación por el depósito de materiales y tránsito de maquinaria pesada.

La previsión de la magnitud de las alteraciones directas sobre el suelo dependerá de la calidad del suelo que se vaya a intervenir.

Se propone que la importancia del impacto se valore como:

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo CAi la calidad ambiental inicial y Caf la calidad ambiental final en función de la Capacidad Agrológica del Suelo tal como se estimó en el Capítulo I.

Con respecto a la contaminación de suelos los principales agentes son los metales pesados (especialmente plomo) y los vertidos accidentales, entre ellos se incluyen aceites y grasas. Los metales pesados son importantes en vías de tráfico elevado y zonas cultivadas debido al carácter bioacumulador del plomo y sus efectos posteriores en la salud humana.

La previsión de éstas alteraciones es relativamente compleja, por ello en muchas ocasiones se debe recurrir a estimaciones cualitativas o semicuantitativas y a la técnica de escenarios comparados.

### **3.8. Vegetación.**

Los impactos sobre la vegetación pueden ser directos o indirectos a través de otros componentes del ecosistema, como atmósfera, aguas y suelos. Los primeros tienen lugar preferentemente en la fase de obras, mientras que los segundos suelen producirse en la explotación.

La construcción de la vía implica la desaparición de las comunidades vegetales interceptadas por la infraestructura. En algunos casos el tipo de superficie no permite la regeneración de la vegetación, como los terrenos asfaltados y hormigonados, mientras que otros (taludes y desmontes, canteras y extracción de áridos, etc.) se crean unas superficies desnudas, de características muy distintas a las precedentes que suelen ser

colonizadas por especies pioneras. Esto da lugar a comunidades vegetales de carácter bastante diferente a las originales.

La magnitud del impacto depende de las superficies ocupadas y del valor de las comunidades vegetales que se afectarán.

Otras acciones del proyecto que tienen consecuencias similares a las precedentes son el movimiento de maquinarias pesada y los depósitos que se producen en zonas concretas de los alrededores de las vías, pudiendo afectar a superficies extensas, en el caso en que no se tenga cuidado en la fase de construcción

Estos cambios en la vegetación son relativamente fáciles de predecir a través de la superposición de impactos y de un conocimiento adecuado de la sucesión en los distintos formaciones vegetales.

Con el modelo de % de superficie cubierta que se ha utilizado para describir la calidad ambiental asociada a la vegetación, es sencillo sustituir las nuevas condiciones para predecir el impacto sobre este factor.

El impacto se definiría en función de la diferencia de la calidad ambiental del área antes y después de la actuación, de forma tal que la importancia del impacto se podría definir:

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo :

I: Importancia del impacto.

CAi: Calidad ambiental inicial.

CAf: Calidad ambiental final.

Los efectos secundarios son en contraposición con los anteriores, bastante variados y difíciles de prever.

### **3.9. Fauna.**

La fauna puede verse afectada por varios motivos, destacando el efecto de corte que se produce en sus movimientos; los cambios de hábitats por modificaciones en otros sistemas como pueden ser suelos, agua y vegetación; la erradicación o pérdida de zonas de reproducción y/o alimentación; el incremento de la frecuentación, que produce molestias en zonas de reproducción y/o alimentación.

El efecto de corte se produce debido a la movilidad de la fauna, ya que muchas especies utilizan diferentes zonas del territorio para efectuar sus ciclos vitales. El efecto de corte o barrera no se reduce a la dificultad para cruzar la calzada sino que también han de ser consideradas como fronteras con distinta selectividad las cunetas y áreas adyacentes alteradas de una u otra forma en sus condiciones originales. En general, se pueden localizar especialmente tres franjas o bandas paralelas en las cuales la magnitud de las alteraciones disminuye según nos alejamos del eje de la vía (Velasco y col, 1995).

De modo general se podrían diferenciar:

- Una franja de impacto máximo que corresponde a la calzada.
- Dos franjas paralelas en las cunetas donde se han producido profundos cambios en la estructura y composición de la vegetación, y que en la fase de explotación pueden estar sometidas a mayor iluminación y ruido.
- Dos bandas externas en las que las alteraciones directas son menos perceptibles, pero influyen en su utilización por los vertebrados más sensibles. La anchura del conjunto del corredor puede ser muy considerable, de una decenas a centenares de metros en las zonas más modificadas.

Los grupos faunísticos más afectados son, entre los vertebrados, los anfibios, los reptiles y los mamíferos, y, entre los invertebrados, todos aquellos cuyos desplazamientos se efectúan por la superficie terrestre. Los anfibios es quizás el grupo más sensible, puesto que los ciclos vitales de muchas especies dependen regularmente de puntos de agua para llevar a cabo su reproducción; esto ocasiona que ciertas poblaciones puedan quedar privadas del acceso a estas zonas o verse muy disminuidas por atropellamiento.

Otro grupo sensible es el de los grandes mamíferos donde debido a la amplitud de su dominio vital, es fácil que se produzca un aislamiento entre poblaciones, o un corte en sus desplazamientos, con las consecuencias poblacionales que este aislamiento puede producir.

Otra forma de afección es por destrucción o cambio de hábitat, bien sea directamente por la construcción de la vía, bien indirectamente a través de la vegetación, suelos y agua. Las especies faunísticas muestran una selección de hábitat, por lo que la modificación de este supone la desaparición de ciertas especies o una disminución de sus poblaciones.



Los enclaves de reproducción de determinadas especies, como pueden ser las rapaces, pueden ser abandonados durante la fase de construcción, debido a las voladuras, movimiento de maquinarias pesadas, etc.; o durante la explotación, por aumento de la frecuentación, incremento de niveles sonoros, etc.

El aumento de accesibilidad introducido por la vía genera un aumento de la frecuentación humana por los alrededores, con las consecuencias que sobre las poblaciones de determinadas especies puede tener esta actividad.

La alteración de biotopos por destrucción directa durante las obras es el mayor impacto que una nueva infraestructura tiene sobre la fauna y podría asumirse un análisis similar al de la vegetación, en este caso asociando la calidad ambiental con el valor ecológico del biotopo, teniendo en cuenta las distintas áreas de afectación enunciadas anteriormente.

El impacto se definiría en función de la diferencia de la calidad ambiental del área antes y después de la actuación, de forma tal que la importancia del impacto se podría definir:

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo:

I: Importancia del impacto.

CAi: Calidad ambiental inicial.

CAf: Calidad ambiental final.

El resto de los impactos son muy difíciles de modelizar, ya que dependiendo de la zona afectada existe un efecto diferencial sobre las especies, por lo que la definición de la situación preoperacional resulta realmente muy importante.

### **3.10. Paisaje.**

La construcción de una vía de comunicación supone un impacto paisajístico elevado puesto que su diseño introduce líneas rectas que suelen ser discordantes con las formas onduladas del terreno; además se produce un contraste cromático con el entorno por la presencia de zonas desnudas de vegetación, o por el color de la propia vía.

Las acciones de proyecto que causan mayores impactos paisajísticos son la construcción y la presencia de la propia estructura, los movimientos de tierra y aquellas otras acciones que producen un cambio en la vegetación y morfología del lugar, como pueden ser la destrucción de la vegetación por movimiento de maquinaria, acumulación de materiales, canteras de extracción de áridos, etc.

El alcance de las alteraciones está relacionado con la capacidad de absorción del paisaje, que depende de diversos factores biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, etc.) y morfológicas (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, etc.). Estos últimos están íntimamente relacionados con la visibilidad real de cada tramo de la vía a diferentes distancias.

La frecuentación de las zonas externas de la vía es otra de las variables a tener en cuenta. La presencia de núcleos urbanos, paseos, carreteras, miradores, etc., conlleva que las alteraciones que se puedan producir sean observadas por mayor número de personas. Esta frecuentación debe ser por tanto un factor de ponderación de las alteraciones.

Al igual que en otros factores del medio, pero quizás más específicamente en el caso del paisaje, el trazado y diseño de la vía puede minimizar muchas de las posibles alteraciones, reduciendo en gran medida el costo de las medidas correctoras. La predicción de los impactos de un proyecto sobre el paisaje puede realizarse mediante cualquiera de los variados métodos disponibles. Algunos de estos métodos son:

- El uso de metodologías descriptivas, con el apoyo de fotografías, en las que la calidad visual del área de estudio se describa a la vez en sus condiciones previas y con el proyecto ubicado.
- El uso de modelos a escala para representar el proyecto ya ubicado en el área de estudio junto con un método descriptivo, como se indica en el párrafo anterior.
- El uso de fotografías de las diferentes vistas del área de estudio, con otro conjunto de las mismas fotografías con el proyecto superpuesto.
- El uso de fotomontajes en los que se haya superpuesto el proyecto propuesto.
- El uso de simulaciones infográficas de las vistas del área de estudio en sus condiciones previas y con el proyecto.
- El uso de métodos de indicadores cuantitativos que describan la calidad visual de la zona de estudio en sus condiciones previas y con el proyecto superpuestos, junto con una discusión del método, los resultados y las implicaciones de las implicaciones de las alteraciones que como resultado del proyecto pudieran producirse en la calidad visual.

Debido a la ausencia de estándares cuantitativos en estas materias, la evaluación de las alteraciones que se prevean del paisaje necesita inevitablemente de la experiencia y el buen juicio de profesionales bien calificados.

### **3.11. Medio socioeconómico.**

No existe una metodología única para el tratamiento de las alteraciones en el medio socioeconómico y cada proyecto tiene peculiaridades específicas que hay que abordar, sin embargo trataremos de establecer algunos indicadores que deben ser tenidos en cuenta desde la etapa de planeamiento de una obra vial. Es importante destacar la importancia de la consulta pública del proyecto en etapas de planeamiento.

El primer paso para valorar los impactos sobre el medio socioeconómico es determinar el área de influencia del proyecto es decir el área geográfica o la región en la que el proyecto alterará el medio socioeconómico. Por las características de las obras viales, a diferencia de otros proyectos, no debe ser el municipio, el área a considerar, sino que habrá que analizarla en función de los diferentes factores involucrados.

Se mencionaran las diferentes alteraciones que se producen sobre los diferentes componentes del medio socioeconómico.

#### **3.11.1. Factores demográficos.**

Las principales alteraciones que tienen lugar sobre los factores demográficos son las siguientes:

- Alteraciones sobre la estructura demográfica
- Distribución espacial de la población.

Los cambios de propiedad causados por las expropiaciones de terreno para el paso de la nueva vía pueden desplazar a individuos de su lugar de residencia, trabajo o entorno social, modificando la distribución espacial de la población. Otro tanto ocurre con el efecto “barrera” de la nueva vía que puede suponer cambios importantes a causa de la mayor dificultad de movimientos en las poblaciones afectadas.

La cuantificación de estos elementos permitirá la previsión de la magnitud del impacto.

#### **3.11.2. Factores sociales.**

- Alteraciones en la población activa (Nivel de empleo).

La ocupación de la población o empleo ha de observarse en este punto como factor social y no en su vertiente económica.

Aquí tan solo se hará referencia a los empleos generados por la obra y cubiertos por individuos residentes analizándolo desde el punto de vista social, y no económico. La alteración sobre el nivel de empleo puede darse de forma indirecta si el proyecto de la nueva vía produce afectación en algún objetivo económico o entidad productiva que tenga que desplazarse del lugar original.

- Alteraciones sobre la salud.

Se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- ☐ Incremento de la morbilidad debido al *aumento de los niveles de* inmisión de contaminantes atmosféricos.
- ☐ Efectos fisiológicos, psicosensoriales y psicosociales a causa del incremento del ruido.

□ **Modificaciones en los *riesgos de accidentes*.**

La modelación de la contaminación atmosférica y la modelación del ruido, ya analizadas, son herramientas esenciales en los estudios del medio socioeconómico, para la previsión de los efectos sobre la salud en el caso de proyectos de carreteras.

• **Alteración en los modos de vida.**

El impacto se produce en fase de obras cuando una comunidad que mantiene un sistema de vida tradicional, ve rota su estructura ante la presencia de obreros e individuos de otras comunidades y con otros sistemas de vida.

Esta alteración conlleva una serie de efectos secundarios tal como: potenciación del éxodo rural; abandono de las actividades tradicionales, con el consecuente cambio con el medio físico, etc.

Alteración de la accesibilidad transversal y cohesión de la comunidad.

Una vía que canalice grandes volúmenes de tráfico, constituye una barrera psicológica para todo tipo de relaciones en ambos lados de la misma. El efecto “barrera” lleva asociado una serie de efectos que no reducen solamente al campo de las componentes sociales, y que abarcan también a los componentes físico-naturales y al medio económico, dependiendo del grado de participación de uno u otros componentes (urbano, industrial, rural, agrario, etc.).

• **Cambios de uso del suelo.**

El cambio de uso del suelo se valorará en su vertiente social y se analizará la influencia que el mismo tendrá sobre la comunidad.

La superposición de la vía sobre el mapa de uso de suelo es necesaria para esta valoración.

**3.11.3. Factores culturales.**

Ante un proyecto o actuación concreta no pueden dejar de contemplarse la conservación de ciertos recursos que tienen un valor distinto del económico, y que englobamos con el título de factores culturales.

Estos recursos integran todo lo que tiene un significado cultural (histórico científico, educativo, artístico) y una representación física.

Los impactos sobre estos factores incluyen destrucción, inundación, daños y/o fragmentación. Los impactos pueden provenir directamente de la fase de construcción o indirectamente de otras actividades e incluyen los que tienen lugar como resultado de los cambios de uso del suelo y el consecuente desarrollo de la zona, por lo que el análisis no debe limitarse al área específica de la construcción.

La utilización de mapas superpuestos es una forma de abordar los impactos. La importancia de los mismos se evaluará a través del grado de destrucción del factor.

#### **3.11.4. Factores económicos.**

Los impactos económicos de una obra son en la actualidad difíciles de evaluar por el hecho de que no han podido aún desarrollarse en nuestro país, e incluso a nivel internacional, indicadores eficientes para el cálculo de los costos ambientales que la misma provoca.

La previsión de los impactos económicos que sobre los bienes y servicios naturales y ambientales puede ocasionar una obra vial puede ocasionar una obra vial puede realizarse mediante la utilización de diferentes métodos:

- El método de los costos inducidos o evitados.
- La valoración contingente.

El método de costos inducidos o evitados consiste en establecer el papel del bien ambiental como sustituto o complemento en una función de producción o utilidad para precisar cómo se afecta la calidad ambiental ante un determinado impacto y como afecta

este impacto los demás factores de producción, partiendo de una función de daño o de dosis respuesta. Por este método es posible evaluar y valorar cambios en la producción y la productividad, en la salud y en bienes de capital e infraestructura, así como en recursos naturales y servicios ambientales. La limitación fundamental del método es que sólo permite valorar cambios en el valor de uso del recurso o ecosistema.

La valoración contingente es un método de valoración hipotético, subjetivo y directo que se utiliza cuando no es posible establecer el papel del bien ambiental como sustituto o complemento en una función de producción y cuando se estima conveniente efectuar comparaciones con los resultados de métodos indirectos. El método de valoración contingente es el más usado internacionalmente ya que permite determinar los valores de no uso de los bienes naturales.

Para su posible utilización en Cuba es necesario el desarrollo de índices ambientales propios que permitan atribuirle un valor económico a nuestros ecosistemas.

#### **3.11.5. Participación pública en la previsión de los impactos ambientales.**

La necesidad de incorporar el tema de la participación pública en la predicción y valoración de los impactos ambientales que una obra vial provocará sobre el medio ambiente es esencial no sólo por la relación con el medio social en sí mismo, sino por los aportes que los pobladores cercanos al sitio pueden aportar en relación con los riesgos del proyecto, de forma tal que esta consulta puede ser válida para definir los mejores trazados.

La participación pública es un esfuerzo planificado de implicar a los ciudadanos de en el proceso de toma de decisiones y de prevenir o resolver los conflictos mediante una comunicación bidireccional (Allighan y Fiber, 1990). Esencialmente la participación pública implica información de ida y vuelta.



Los principales problemas a escala internacional (Delli, 1981) inherentes a la planificación de programas de participación pública son los siguientes:

- Coordinación.
- Control.
- Representatividad
- Desacuerdo.

En Ecuador las condiciones están creadas para ejecutar la participación pública, aunque en ocasiones no se haga uso de esta importante herramienta. La capacidad para coordinar las acciones de los diferentes factores sociales y entidades en la comunidad hace que los Consejos Populares sean los principales factores involucrados.

Como herramientas de la consulta pública existen instrumentos sociológicos tales como las entrevistas, las encuestas a la población, afectada o no, las entrevistas grupales, sesiones públicas, etc.

Para lograr totalmente el propósito de la participación pública, el ciclo de "feedback" debe ser utilizado dentro del proceso. Los resultados de la consulta pueden ser útiles para la definición de las necesidades del proyecto, en la descripción de los aspectos fundamentales de la situación ambiental y en la identificación de los impactos ambientales, de las posibles alternativas y de las medidas correctoras.

### **3.12. Conclusiones.**

1. Es posible prever el impacto que una infraestructura vial y su funcionamiento provocarán sobre el medio ambiente a través de los métodos y modelo propuestos.
2. Para la previsión de los impactos provocados por la propia infraestructura, sobre factores tales como vegetación, fauna y suelo se utiliza la valoración de los índices ambientales con y sin proyecto.
3. Para el caso de los impactos sobre el ruido y la contaminación atmosférica - existen modelos matemáticos que permiten la previsión de los impactos ambientales y cuyos datos de entrada son factibles de precisar para nuestras condiciones.
4. Existen componentes del medio tales como el paisaje, en los que debido a la ausencia de estándares cuantitativos, la evaluación de las alteraciones que se prevean necesita inevitablemente de la experiencia y el buen juicio de profesionales bien calificados.
5. Existen algunos componentes del medio, tal como el clima, en los cuales la respuesta ante una acción determinada no es bien conocida, y su previsión reviste cierto grado de incertidumbre.
6. La previsión de impactos económicos requiere de índices ambientales que permitan atribuirle valor de no uso a nuestros ecosistemas.
7. El medio físico y social están íntimamente relacionados, de tal manera que el social se comporta al mismo tiempo como sistema receptor de las alteraciones producidas en el medio físico y como generador de modificaciones en este mismo medio, por lo que los impactos sobre el medio social pueden ser valorados en muchos casos con los mismos modelos de previsión utilizados para el medio físico.

8. La participación pública constituye un elemento importante en la previsión y valoración de los impactos ambientales sobre los diversos componentes del medio. En Ecuador están creadas las condiciones para su utilización.

## CAPITULO 4

### 4.- Indicadores de impacto

Una vez definidos los índices ambientales, que comunican información sobre el medio que se va a afectar y establecen la forma de cuantificarla; analizados los impactos que las acciones de proyecto provocarán sobre el medio y propuestos los métodos y modelos para su previsión, es necesario establecer los indicadores de impacto que darán la medida de cuán importante será el efecto que produce una acción determinada.

Un indicador de impacto es, pues, un número, una clasificación descriptiva o un conjunto de elementos que sirvan como base para la descripción y valoración de la importancia del impacto.

El objetivo de este capítulo es definir los indicadores de impacto y proponer una metodología para su utilización en el proyecto vial.

#### 4.1. *Clima.*

Como se ha mencionado en el capítulo anterior es muy difícil valorar cuán importante pueda resultar el impacto que sobre las diferentes variables climáticas pueda provocar una obra vial.

Los modelos de predicción no permiten el análisis para una obra aislada y si se desconoce la magnitud del cambio no es posible valorar su importancia.

#### ***Procedimiento.***

El análisis cualitativo del problema y la experiencia acumulada, puede permitir una valoración aproximada del impacto, sobre todo si la valoración se realiza en un área o territorio.

#### ***4.2. Calidad del aire.***

El indicador de impacto que se propone es el radio de protección sanitaria, es decir la distancia de seguridad mínima establecida entre la fuente emisora y los límites de las áreas residenciales de descanso y otros objetos de protección del medio ambiente.

El radio de protección sanitaria estará en función de los límites establecidos y del mapa de uso y ocupación del territorio se establecerá la importancia del impacto.

#### ***Procedimiento.***

1. Determinar mediante el modelo de previsión seleccionado los valores de concentración real de los principales contaminantes ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , y partículas) provocados por el sistema de transporte en una red de receptores ubicada en los alrededores de la vía.
2. Generar un mapa de isolíneas de igual nivel de contaminación, para cada contaminante modelado.
3. Interpolarse la isolínea de nivel de concentración máxima admisible en cada mapa generado.

4. Determinación del área que estará afectada por niveles de contaminación superiores a los permisibles.
5. Determinación del radio de protección sanitaria (distancia de seguridad mínima establecida entre la fuente emisora y los límites de las áreas residenciales, áreas de descanso de la población y otros objetos de protección del medio ambiente) para la vía en cuestión.

La generación del mapa puede ser sobre la base de un mapa topográfico, una fotografía aérea, el plano de planta del vial en cuestión o un fotomontaje. En todos los casos debe estar georeferenciado. La escala del mapa debe ser la mayor posible y nunca menor de 1:5000.

#### **4.3. Ruidos**

El indicador propuesto para el análisis del impacto sobre el confort sonoro es el radio de protección sanitaria establecido a partir del NPSeq.

##### ***Procedimiento.***

- Determinar mediante el modelo de previsión seleccionado los valores de NPSeq provocados por el sistema de transporte en una red de receptores ubicada en los alrededores de la vía. (Hasta 300m a cada lado del borde).
- Generar un mapa de isolíneas de igual valor de NPSeq
- Interpolar la isolínea de nivel NPSeq límite para cada uso del territorio
- Determinación del área que estará afectada por niveles de contaminación superiores a los permisibles.
- Determinación del radio de protección sanitaria (distancia de seguridad mínima establecida entre la fuente emisora y los límites de las áreas residenciales, áreas de

descanso de la población y otros objetos de protección del medio ambiente) para la vía en cuestión.

#### **4.4. Geomorfología.**

Para el análisis de la importancia del impacto se propone como indicador el cambio de categoría del terreno con la introducción de la rasante proyectada.

La importancia del impacto estará en función del cambio de categoría con la inclusión de la rasante del terreno. Si el mismo mantiene su misma categoría el impacto es irrelevante, si cambia una categoría el impacto es moderado y si cambia dos categorías es severo. A modo de ejemplo se expone en la tabla 14 el caso del terreno llano.

**Tabla 14 Importancia del impacto según la geomorfología.**

Terreno original.	Terreno con la rasante.	Importancia del impacto.
Llano.	Llano.	Irrelevante.
Llano.	Ondulado.	Moderado.
Llano.	Montañoso.	Severo.

Esta escala es aplicable a todas las categorías del terreno.

#### **Procedimiento:**

1. Determinar en función del plano topográfico de planta, sobre el que se ha superpuesto el eje del trazado, el tipo de terreno predominante.

2. Con el plano de perfil longitudinal, en función de la rasante proyectada determinar el tipo de terreno resultante.
3. Comparación de las categorías y establecimiento de la importancia del impacto.

#### 4.5. Geología

Los impactos sobre la geología se valoran a través de los riesgos. La importancia de los impactos estará en función de los riesgos previstos.

Para el caso de los riesgos de erosión se plantean los límites en la tabla 15.

**Tabla 15 Tipos de erosión. (Aguilo y otros, 1995)**

Tipo de erosión.	Ton/hectárea. Año.
Erosión ligera	< 7.41
Erosión moderada.	7.41-19.77
Erosión severa	19.77-32.13
Erosión muy severa	> 32.13

Los riesgos de expansividad estarán en función de los índices de plasticidad de los materiales de la subrasante.

Riesgos de deslizamientos.

Para evaluar el riesgo de deslizamiento los factores utilizados son los siguientes:



- Litología
- Pendiente topográfica
- Cubierta vegetal

**Tabla 16 Clases de inestabilidad (Auernheimer,1997).**

Inestabilidad			
Litología		Rocas No consolidadas	Rocas arcillosas
	10-20	Media	Baja
	20-30	Alta.	Media
	>30	Muy alta	Alta

El último parámetro a considerar es la vegetación debido al papel que la cubierta vegetal juega en los procesos de deslizamientos debido al efecto producido por las raíces que pueden incrementar la cohesión de los materiales.

**Tabla 17 Grados de riesgo de deslizamientos. (Auernheimer,1997).**

Vegetación	Inestabilidad				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Arbórea	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Matorral	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Herbácea o sin	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto

vegetación					
------------	--	--	--	--	--

Riesgos de inundación.

La importancia del impacto es función del tamaño de las áreas con riesgo significativo de inundación.

**Procedimiento.**

Se evaluará para cada riesgo, el cambio que origina en el mismo la inclusión de la obra vial.

Para el caso del riesgo de erosión se evaluará la formula universal en el área con proyecto, teniendo en cuenta las secciones propuestas.

Para el riesgo de inundación habrá que analizar los cambios en las cuencas provocadas por la inclusión del vial.

Para los riesgos de deslizamiento se evaluará en función de los cambios en la vegetación y las pendientes propuestas en el proyecto.

Riesgo sísmico.

Se valora a través de la sismicidad histórica. Se consideran con riesgo aquellas zonas que han sufrido movimientos sísmicos de intensidad 7 o superior para periodos de recurrencia de 50 años. Si su ocurrencia ha sido de más de uno es elevado; si sólo ha sido de uno, medio, y si no se ha registrado ninguno, poco.

#### **4.6. Hidrología superficial y subterránea.**

El indicador propuesto es el cambio de movimiento de las aguas superficiales y de los caudales provocados por el proyecto. Según la solución de drenaje proyectada, variará la importancia del impacto.

El análisis de las variaciones en la hidrología superficial desde el punto de vista de las modificaciones en la red de drenaje, puede ser analizado a partir del plano topográfico con las curvas de nivel modificadas por la nueva obra. A partir de este plano, pueden calcularse las variaciones en los gastos y toda la dinámica del movimiento de las aguas en el entorno.

Para lograr este objetivo es necesario superponer el plano de curvas de nivel de proyecto, a partir de las características geométricas del mismo, sobre el plano original de curvas de nivel logrando un sólo plano resultante que indicará los cambios en los movimientos de las aguas tal como se muestra en la figura.

Este análisis en planta puede ser complementado con un análisis en 3D del área.

#### **Procedimiento.**

1. Sobre el plano topográfico de planta donde ha sido reflejada toda la hidrología del área, cuencas, ríos, vaguadas, etc. y el esquema natural de movimiento de las aguas, superposición de la carretera.
2. Sustitución de las curvas de nivel originales por las modificadas por el proyecto.
3. Análisis las variaciones del movimiento de las aguas sobre el nuevo plano topográfico.
4. Cálculo de los gastos de las nuevas cuencas originadas.

## 5. Valoración del drenaje propuesto.

### 4.7. Suelos.

La importancia del impacto sobre esta variable ambiental puede ser considerada según dos indicadores:

- La diferencia de la calidad ambiental del área con y sin proyecto valorada a partir de la capacidad agrológica del suelo.

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo:

I: Importancia del impacto.

CA<sub>i</sub>: Calidad ambiental inicial.

CA<sub>f</sub>: Calidad ambiental final.

Para establecer los niveles de importancia se propone la escala de la tabla 18

**Tabla 18 Niveles de importancia de los impactos**

Importancia	Clasificación
$I \geq 75$	Crítico
$50 \leq I < 75$	Severo
$25 \leq I < 50$	Moderado
$I < 25$	Irrelevante

Esta clasificación es similar a la propuesta en la Guía Metodológica para Evaluación de Impacto Ambiental (Conesa, 1995) y que ha sido utilizada con resultados satisfactorios en múltiples estudios realizados por el Grupo de Estudios del Medio Ambiente del Ministerio de Educación Superior.

#### ***Procedimiento.***

Cálculo el índice Capacidad agrológica CA para la faja de emplazamiento de la vía.

Cálculo de la calidad ambiental inicial del área en función de CA según figura 1

Superposición del vial y análisis del CA con proyecto.

Cálculo de la calidad ambiental final del área en función de CA según figura 1

Determinación de la importancia del impacto I.

- El cambio de uso del suelo, con respecto al cual la valoración será cualitativa.

#### **4.8. Vegetación.**

La importancia del impacto sobre esta variable ambiental será prevista mediante la diferencia de calidad ambiental del área con y sin proyecto, a través del índice PSC (porcentaje de superficie cubierta), de tal manera que:

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo:

I: Importancia del impacto.

CA<sub>i</sub>: Calidad ambiental inicial.

CA<sub>f</sub>: Calidad ambiental final.

Para establecer los niveles de importancia se propone la misma escala asumida para el suelo y referida en la tabla 21

***Procedimiento.***

Cálculo el índice PSC para la faja de emplazamiento de la vía.

Cálculo de la calidad ambiental inicial del área en función de PSC según figura 2

Superposición del vial y análisis del PSC con proyecto.

Cálculo de la calidad ambiental final del área en función de PSC según figura 2

Determinación de la importancia del impacto I.

**4.9. Fauna.**

La importancia del impacto sobre esta variable ambiental será prevista mediante la diferencia de calidad ambiental del área con y sin proyecto, a través del índice VE (Valor Ecológico del Biotopo), de tal manera que:

$$I = CA_i - CA_f$$

Siendo:

I: Importancia del impacto.

CA<sub>i</sub>: Calidad ambiental inicial.

CA<sub>f</sub>: Calidad ambiental final.

Para establecer los niveles de importancia se propone la misma escala asumida para el suelo y referida en la tabla 21.

***Procedimiento.***

Cálculo el índice VE para la faja de emplazamiento de la vía.

Cálculo de la calidad ambiental inicial del área en función de VE según figura 3

Superposición del vial y análisis del VE con proyecto.

Cálculo de la calidad ambiental final del área en función de VE según figura 3

Determinación de la importancia del impacto I.

**4.10. Paisaje.**

Debido a la ausencia de estándares cuantitativos en estas materias, la evaluación de las alteraciones que se prevean del paisaje necesita inevitablemente de la experiencia y el buen juicio de profesionales bien calificados.

La predicción de los impactos de un proyecto sobre el paisaje puede ser realizada sobre la base de los métodos expuestos en 2.10

***Procedimiento.***

La valoración de la importancia del impacto se realizará de forma cualitativa, en función de la calidad paisajística del área con y sin proyecto. Se recomienda la utilización de fotomontajes.

#### **4.11. Medio socioeconómico**

Se mencionarán los diferentes indicadores en función de las alteraciones que se producen sobre los diferentes componentes del medio.

##### **4.11.1 Factores demográficos.**

Las principales alteraciones que tienen lugar sobre los factores demográficos son las siguientes:

- Alteraciones sobre la estructura demográfica

Se toma como indicador del impacto la variación del nivel de población de un territorio concreto, medida en por ciento.

- Alteraciones sobre la distribución espacial de la población.

Se toma como indicador de impacto el número de viviendas afectadas y la calidad de las mismas así como el número de pobladores afectados por el efecto barrera.

Es importante analizar la capacidad del proyecto de incidir en el mejoramiento o empeoramiento de la situación habitacional y la calidad de vida.

#### ***Procedimiento.***

- Plasmar sobre una foto aérea del área en cuestión la nueva vía.
- Valorar aproximadamente el número de viviendas afectadas.



- Levantamiento de viviendas afectadas en el terreno precisando número de habitantes por vivienda y la calidad de las mismas.

Factores sociales.

- Alteraciones en la población activa (Nivel de empleo).

Se toma como indicador de impacto la variación del nivel de empleo en una zona medida dicha variación en por ciento.

- Alteraciones sobre la salud.

La modelación de la contaminación atmosférica, permite el análisis de las alteraciones sobre la salud en el caso de proyectos de carreteras.

La modelación del ruido, ya analizada, permite el análisis del efecto del ruido sobre la población.

- Cambios de uso del suelo.

En este caso se valorará el impacto sobre la propiedad y posesión del suelo. La estructura de propiedad del suelo puede ser un factor determinante en la toma de decisiones.

El indicador de impacto estará en función del número de propietarios afectados y del nivel de afectación.

Factores culturales.

La utilización de mapas superpuestos es una forma de abordar los impactos.

Para todos los factores culturales analizados, se toma como indicador de impacto el grado de destrucción del factor, expresado en tanto por ciento.

#### ***Procedimiento.***

Ubicación en el mapa o foto aérea de los valores culturales existentes.

Determinación del grado de destrucción de cada factor.

Determinación de la calidad ambiental en función del grado de destrucción de cada factor.

Determinación de la importancia del impacto en función del grado de destrucción del factor.

Cuando se trata de monumento y lugares arquitectónicos o singulares en los que la destrucción suele ser total, el grado de destrucción es del 100 %. En los casos de territorios amplios, la escala de destrucción será gradual de 0 a 100.

Al no existir en nuestro país valores de índices ambientales que representen el valor económico total de nuestros recursos no es posible calcular un indicador para la evaluación de este factor.

Sin embargo, para el análisis de variantes podría tomarse como referencia los índices evaluados en otros países, proporcionando un valor de costo ambiental aproximado útil para la comparación de alternativas.

### ***Procedimiento.***

Valorar las medidas de mitigación propuestas para cada variante.

Valorar las medidas de carácter civil o social que resultan de los costos asociados a las afectaciones a personas y comunidades para cada variante.

Asumir el valor económico total aproximado en función de indicadores existentes, que incluyen los valores de uso directo e indirecto y los valores de opción y de existencia para cada una de las variantes

Las alteraciones sobre los factores metaeconómicos, por ejemplo las infraestructuras de transporte, pueden determinarse a través de los porcentajes de alteración específicos.

Porcentaje de alteración en las condiciones básicas = Información de etapa 2 (100)

Información de la etapa 1

Indicadores similares pueden usarse para los elementos de la infraestructura física.

La participación pública como indicador de impactos ambientales.

La participación ciudadana establece pautas la valoración de la importancia del impacto sobre diversos factores del medio.

***Procedimiento.***

1. Presentación de las Soluciones Principales de Proyecto a nivel de Consejo Popular.
2. Solicitud de información de todas las entidades representadas en el Consejo con respecto al Proyecto.
3. Solicitud de autorización a esas instancias para realizar encuestas y entrevistas a la población.
4. Realización de las encuestas.
5. Valoración de las encuestas y propuesta de cambios.
6. Exposición a nivel de Consejo Popular de los cambios efectuados.
7. Aprobación del Proyecto a nivel de Consejo Popular.

Empleo de indicadores de impacto ambiental en el proyecto.

El esquema de planificación y posterior diseño de una carretera pasa por varias etapas.

A un primer nivel, la determinación de los ejes a desarrollar con la definición de sus características fundamentales, debe establecerse en el marco de la planificación territorial desde la perspectiva de los objetivos y estrategias de ordenación del territorio.

A este nivel se propone, definir la zona de estudio con el fin de cualificarla desde el punto de vista ambiental al fin de obtener alternativas compatibles con él. La escala de estos análisis es normalmente 1:50 000 y corresponde a la fase de diseño conceptual.

Evidentemente el uso de los indicadores de impacto propuestos no es factible a esa escala, ya que los análisis requieren una información más precisa y a mayor escala.

Una vez definidos los ejes o corredores por los que debe discurrir una determinada infraestructura de carreteras, el paso siguiente implica la selección de la alternativa de trazado más adecuada, para lo que es necesario particularizar este trazado a escala 1/5000 ó mayor. En esta etapa es importante el uso de los indicadores de impacto ambiental propuestos para la definición de la variante definitiva. Corresponde a la fase de soluciones principales.

En este momento se exige la concurrencia de equipos profesionales multidisciplinares, pero sin olvidar el papel integrador que debe jugar el ingeniero de carreteras.

Metodología para el análisis ambiental de variantes.

La metodología propuesta se basa en la utilización de indicadores de impacto ambiental en el proyecto vial.

1. Establecimiento de las características ambientales del área a intervenir, haciendo uso de los índices ambientales propuestos.
2. Ubicación sobre el plano topográfico del área de las distintas variantes propuestas georeferenciadas.
3. Determinación para cada variante de los datos de entrada para los modelos de previsión de impactos de cada variable ambiental analizada.
4. Valoración de los impactos que cada una de las variantes provocará sobre los distintos factores del medio haciendo uso de los indicadores propuestos según procedimiento especificado en cada caso.
5. Compatibilización de los criterios ambientales, económicos, etc.
6. Selección de la variante definitiva.

## 7. Confección de la Ingeniería básica y de detalle.

Después de seleccionada la variante definitiva, se confeccionará la ingeniería básica y de detalle de la misma, etapas en las cuales se deberá incluir las medidas de mitigación de los efectos no deseados.

Forma de implementar la metodología.

Hasta el momento en nuestro país el proceso de Evaluación de impacto Ambiental es el que ha supuesto la consideración del Medio ambiente en el Proyecto de Carreteras.

Evidentemente la valoración de impactos una vez finalizado el proyecto implica la imposibilidad del análisis de variantes desde el punto de vista ambiental y en ocasiones la necesidad de cambios sustanciales en el proyecto mucho más costosos en esta etapa de desarrollo, o la inclusión de medidas de mitigación de impactos que elevan notablemente el valor de la inversión.

Paralelamente es necesario desarrollar un plan de formación ambiental del personal de Proyecto, mediante talleres, conferencias, cursos de postgrado, etc. Así como la inclusión de esta temática en los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Civil.

### 4.12. Conclusiones.

1. Los indicadores ambientales propuestos en cada epígrafe permiten valorar la importancia del impacto de la obra vial sobre las variables ambientales potencialmente impactadas.

2. Los factores económicos hasta el presente sólo pueden ser evaluados para el análisis comparativo de variantes ya que no existen índices ambientales nacionales que permitan la inclusión de los costos ambientales en el diseño.
3. Es necesario desarrollar un plan de capacitación en materia ambiental para los ingenieros viales.

## **CAPITULO 5**

### **5. Caso de Estudio**

#### **5.1. Introducción**

El presente caso de estudio se desarrolla en Provincia de Manabí y forma parte de la Red Vial Estatal en la que se considera como parte de la vía colectora que une los corredores arteriales E20 Transversal Norte y E30 Transversal Central.

Por lo que, de la carretera Tosagua – Chone que une las cabeceras cantonales Tosagua y Chone, se ha tomado el tramo conocido como Paso Lateral de San Antonio, ya que es un tramo nuevo y que pertenece a la jurisdicción del cantón Chone.

El mencionado Paso lateral de San Antonio da inicio aproximadamente en la abscisa 11+540 y culmina en la 14+940 lo que nos da una longitud de 3.4 km, posee para su diseño características como:

Pendiente mínima de diseño del 0.3 % ,

Vía: Hormigón hidráulico con MR: 3.5 MPa,

Ubicación: Zona Rural

Relieve: Según su pendiente Plano o Casi Plano

#### **5.2. Clima**

Con la realización de la valoración de los impactos que se provocan en la zona de desarrollo del proyecto vial y su área de influencia respectiva desde el punto de vista micro climático, con el objetivo de analizar las incidencia potenciales del comportamiento micro climatológico da como resultado que la transformación del uso del suelo para este proyecto provoca también una modificación del microclima.

Por lo que de esta manera se puede anotar que la disminución de la vegetación existente en 20.003 ha, causa el incremento de la temperatura del aire en 1.04°C



como consecuencia del calentamiento superficial por la incidencia de la radiación solar directa y la eliminación de las fuentes de evapotranspiración.

Del área total afectada solo el 44.46% corresponde a superficie construida del cual 0.35% corresponde a casa, fincas y 44.12% corresponde a los terraplenes de sobre elevación de la vía y capa de rodadura de hormigón hidráulico.

### 5.3. Calidad del Aire

La implementación de un modelo que nos permita determinar las condiciones de la calidad del aire en el Ecuador es una novedad ya que no se encontraron antecedentes de los diferentes proyectos viales diseñados. Por lo que la predicción de los niveles de contaminación atmosférica que provocará el proyecto del Paso Lateral de San Antonio, para poder contrastar con los niveles permisibles en Ecuador fue necesaria transformar las concentraciones de la tabla 2 (microgramos por metro cúbico) a Partes por millón como lo establece el modelo de regresión no lineal desarrollado (Matzoro and Van Vliet, 1992)

**Tabla 19 Medidas resúmenes de información sobre la contaminación del aire en un promedio de 1 hora para los 4 tramos definidos**

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA	TRAMOS CONSIDERADOS (1 hora de concent.)			
				1	2	3	4
Monóxido de Carbono (CO) Concentración promedio en una hora	1.88	3.750	5.00	2.21	2.10	2.14	2.14
Óxidos de Nitrógeno, como NO <sub>2</sub> Concentración promedio en una hora	1.20	2.30	3.00	1.12	1.07	1.09	1.09
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) Concentración promedio en una hora	0.03	0.07	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04

Como resultado de la modelación para el monóxido de carbono (CO), se consiguió que las afectaciones del tránsito de vehículos a gasolina estén intermedios entre la alerta y alarma para los cuatro tramos considerados de la vía.

Para Oxido Nitroso (NO<sub>2</sub>) se citua por debajo de los límites de alerta según la ley ecuatoriana en vigencia; mientras que para el Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) por encima de los niveles de alerta.

Por lo que es de considerar que en el planeamiento estratégico de la vía se considere el áreas de protección sanitaria, en estos casos se propone un radio de protección de 60m a ambos lados del eje de la vía y éste puede ser suficiente si además, se crearán fajas verdes de amortiguamiento que posibilitarán la introducción de plantaciones principalmente arboledas.

#### **5.4. Ruido**

Con la fin de estimar el nivel de presión sonora equivalente debido al tráfico en un proyecto vial se utilizo el modelo 2, desarrollado por el Dr. Licenciado Carlos Barceló del INHEM

Los datos requeridos por el modelo son los siguientes:

- Flujo horario homogéneo de tráfico total por segmento de vial.
- Flujo horario homogéneo de tráfico pesado por segmento de vial.
- Velocidad promedio horaria de tráfico pesado por segmento de vial.
- Pendiente promedio de la rasante por segmento homogéneo.

Cierre lateral del perfil ingeniero vial (no hay edificaciones, vivienda, comercio, industria)

El proyecto vial se lo ha dividido en tramos homogéneos, para proceder al cálculo de las indicadores, los cuales fueron:

- Tramo Tosagua – San Antonio
- Tramo San Antonio – Tosagua

- Tramo San Antonio – Las Banderas
- Tramo Las Banderas – San Antonio

Los niveles sonoros de fondo registrados, cuando sus fuentes no se vincularon al tráfico actual, fueron logarítmicamente añadidos a los valores calculados en correspondencia con un modelo de dispersión de frentes de onda paralelos. En los casos de predominio de fuentes sonoras del tráfico actual en los valores de fondo, el nivel sonoro estimado se hizo depender sólo de los valores previstos de futura circulación de vehículos, también se consideró para el periodo de la noche una disminución de vehículos livianos del 80% y pesados del 90% ; mientras que según tabla 3 del capítulo 2 se escogido la zona industrial debido a que los pasos laterales en Ecuador son ubicados en zonas alejadas de población.

**Tabla 20 Medidas resúmenes de información sobre los estimados del nivel sonoro en dB(A) a 1 m del vial proyectado en las horas más desfavorables diurna y nocturna, contrastados Niveles Máximos de Ruido Permisibles según Uso del Suelo**

No. Tramo	TRAMOS	DIURNOS (6h00 A 20h00)		NOCHE (20h00 a 6h00)	
		NPS	NPSeq max	NPS	NPSeq max
1	TOSAGUA - SAN ANTONIO	75.2	70	69.7	65
2	SAN ANTONIO - TOSAGUA	75.4	70	69.8	65
3	SAN ANTONIO - LAS BANDERAS	75.8	70	70.2	65
4	LAS BANDERAS - SAN ANTONIO	76.3	70	70.8	65

Como se puede apreciar los valores resultantes de la modelación propuestas superan los límites permisibles para la zona escogida (zona industrial) en 6 dB por el día y hasta 5 dB por la noche, por lo que desde el punto de vista sanitario se hace entonces recomendable establecer una zona de protección sanitaria mínima no inferior a 60 m de ancho a ambos lados del vial, donde no debe autorizarse la microlocalización de viviendas y edificios sociales (hospitales, escuelas, centros de diversión). Las personas que ya residen en ese territorio encontrarán una

contaminación acústica severa a causa del vial y deben ser catalogadas como grupo epidemiológico de riesgo hasta tanto no se provean soluciones de traslado domiciliario o se implementen medidas de amortiguamiento acústico.

Las personas que residen a mayores distancias, en los territorios semi-urbanos, continuarán confrontando una situación de contaminación moderada, la cual previamente al vial ya existía. Este territorio continuaría acústicamente deteriorado.

La contribución del vial a la contaminación sonora de estos territorios pudiera ser reducida si se implementan medidas de atenuación mediante cortinas vegetales o barreras antiruidos artificiales que procuren una reducción no inferior a 7 – 10 dB(A) a una distancia de 10 m de la vía. Ello reduciría el ancho de la zona de protección sanitaria y la contribución que el ruido del tráfico del vial proyectado aportaría a las zonas periféricas.

#### **5.5. Geomorfología**

El proyecto vial en estudio se encuentra situado en un sistema de colinas el cual ha sido construido y modelado por los agentes geológicos que actuaron y actúan sobre un sustrato sedimentario detrítico marino. Este sustrato está constituido principalmente por una pila de sedimentos detríticos de grano fino a grueso, depositados en ambientes de aguas someras y algo profundas sobre la plataforma marina. En el área de estudio, este apilamiento sedimentario recibe el nombre de Grupo Daule y Formación Tosagua, los cuales ocupan extensas áreas de la provincia de Manabí. El relieve de la zona donde se sitúa el proyecto es llano con cotas que no superan los 5 m.s.n.m. por lo que no existen obstáculos del relieve que afecten las visuales horizontales.

Por lo que con la inclusión del proyecto en función de la cota de la rasante y sección tipo propuestas mantiene la condición de llano siendo el impacto por geomorfología irrelevante.

## **5.6. Geología**

Para la evaluación geológica del proyecto vial se tomaron en cuenta los parámetros establecidos como son riesgo por erosión el cual se encuentra situado según la tabla 15 en erosión ligera, mientras que el riesgo por inundación es leve ya que el diseño vial cuenta con un proyecto hidraulico bien delineado que evitaría este tipo de riesgos, y por último el riesgo por deslizamiento es muy bajo ya que el proyecto vial está ubicado sobre los fragmentos de la corteza oceánica, estas rocas conforman el real basamento geológico de la costa; este zócalo está constituido por rocas ígneas, estudiadas regionalmente con la denominación de Terreno Piñón, lo conforman los basaltos toleíticos, que afloran en Picoazá, Montecristi, San Isidro y La Pila, lo que origina una muy baja inestabilidad.

## **5.7. Hidrología**

Al contrastar el trazado de la vía proyectada sobre el terreno natural se origina una nueva curso de las aguas superficiales, toda vez que el nuevo trazado divide el curso de las aguas que originalmente poseía como lo muestra la imagen satelital .Anexo 1

## **5.8. Suelo**

En el caso objeto de estudio posee un área total de 45.34 Ha de las cuales 16.49 Ha corresponden a áreas de cultivos enmarcados en la clase I, por lo que según la Cagrológica inicial del suelo es de 36.36 y según figura 1 establecida en el capítulo 1 da un índice ambiental inicial de igual valor así como para la Cagrológica final es de 31.56.

Por lo que al emplearse la fórmula de importancia de impacto da un resultado de 4.79 lo que según tabla 21 establecida en el capítulo 4 da como resultado un impacto irrelevante

### 5.9. Vegetación

Para el caso de estudio correspondiente al paso Lateral de San Antonio tenemos que el área total del proyecto ocupa 45.34 Ha, y de ellas aproximadamente 20.003 Ha está cubierta por vegetación considerada común, por lo que el %PSC es de 8.82% asociado a una calidad ambiental baja producto de este factor.

$$C.A = -0,012x^2 + 2,2x$$

$$C.Ai = 18.47$$

$C.A.f = 0$   $I = 18.47$  por lo que la importancia del impacto es irrelevante

### 5.10. Fauna

Para determinar la importancia del impacto en la fauna se ha tomado en cuenta que la abundancia es escasa, tanto para la especies como para el biotopo.

$a = e = 1$  ( de la tabla 6 )

La diversidad de especies y del biotopo fue considerada uniforme por lo que:

$$b = d = 1$$

Como no hay especies protegidas en el área  $c = 0$

Como el biotopo se consideró muy común  $F = 1$

El valor ecológico del biotopo resultó ser de  $VE = 14$

$$CAi = -0.005 x^2 + 1.5x$$

$$CAi = 20$$

$CAf = 0$  Análisis para área de impacto máximo correspondiente la calzada.

La importancia del impacto es 20 por lo que el impacto clasificó como irrelevante.

### 5.11. Paisaje

El proyecto que se analiza tiene importantes repercusiones funcionales y económicas y al mismo tiempo puede contribuir a elevar la imagen visual del entorno a pesar de las fuertes transformaciones constructivas que han de tener lugar. Las soluciones se apoyan en el trabajo de movimiento de tierras, construcción de muros de contención, y taludes. Para mitigar estos impactos sobre el medio urbano construido, se hace necesario disponer de fajas verdes de amortiguamiento que posibiliten la introducción de plantaciones apropiadas, principalmente arboledas y para evitar una posterior degradación escénico-ambiental de este entorno relativamente neutro, se hace necesario definir dentro del proyecto la solución definitiva de los viales que se desactivan y las acciones de diseño que correspondan.

#### **5.12. Conclusiones**

1. Los proyectistas y planificadores viales requieren conocer la calidad ambiental del área a intervenir. Para ello es necesaria la utilización de índices ambientales que simplifiquen la información ambiental disponible.
2. Entre los numerosos índices y métodos existentes para la valoración del medio ambiente se seleccionaron y se propusieron aquellos que mejor pudieran caracterizar las principales variables ambientales involucradas en la planificación vial.
3. Los indicadores ambientales propuestos permiten valorar la importancia del impacto de la obra vial sobre las variables ambientales potencialmente impactadas.
4. El caso de estudio analizado permiten validar la posibilidad de aplicación práctica de los indicadores ambientales al proyecto.
5. La metodología propuesta permite incorporar las consideraciones ambientales al proceso de selección de la variante definitiva de proyecto.
6. Es posible implementar la metodología propuesta para el análisis ambiental de variantes.
7. Es necesario desarrollar un plan de capacitación en materia ambiental para los ingenieros viales.

8. No se realizó la evaluación del medio socio económico en razón de la poca apertura por parte de los pobladores de este sector ya que consideran que el paso lateral de san Antonio le quitará impulso económico a esta parroquia del cantón Chone.



## CAPITULO 6

### BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ, H. Indicadores Ambientales Básicos para el diseño de carreteras sobre bases sostenibles.
2. BANCO MUNDIAL. 1991. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental, Volumen I, Políticas, Procedimientos y Problemas Intersectoriales, Washington, D.C.
3. BANCO MUNDIAL. 1991. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental, Volumen II, Lineamientos Sectoriales, Washington, D.C.
4. BANCO MUNDIAL. 1991. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental, Volumen III, Lineamientos para Evaluación Ambiental de los Proyectos Energéticos e Industriales, Washington, D.C.
5. BEDE. 1999. Guía Ambiental para Constructores.
6. BEDE, Directriz Operativa para la Formulación, Evaluación y Seguimiento Ambiental de Proyectos, 1999.
7. BEDE. 1999. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo Municipal.
8. BETANCOURT, R. 1987. Tratamiento de Aguas y Aguas Residuales, La Habana.
9. BOLEA, E. 1984. Evaluación de impacto ambiental, Editorial Mapfre, Madrid.
10. BOWLES, J. Physical and Geotechnical Properties of Soils, Second Edition, III Parte.
11. BUSTILLO, J.; MARCOS, L. Metodología para la evaluación del Impacto Ambiental. Análisis para Riesgos Industriales. Universidad de Burgos, España.
12. CAAM, Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República, Plan Ambiental Ecuatoriano (PAE), Quito, 1996.
13. CANTER, L. 1995. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Manuales de McGraw Hill de Ingeniería y Ciencia.

14. CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.  
Pagina web: [www.cepis.ops.oms.org](http://www.cepis.ops.oms.org)
15. CETESB, 2000. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo.
16. CGA. Comisión de Gestión Ambiental de la Ilustre Municipalidad de Cuenca.  
Manual de Gestión Ambiental, septiembre de 2000.
17. COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial. Industria Procesadora de Frutas y Hortalizas., Chile.
18. COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial. Fabricación de Productos Lácteos, Chile.
19. COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial. Fabricación de Grasas, Aceites Vegetales y Subproductos, Chile.
20. CONESA, V. 1995. Guía metodológica para la realización de estudios de impacto ambiental. 2da. Edición, Ediciones Mundi-Prensa, España.
21. CONESA, V-Vítora. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 3ra. Edición, Ediciones Mundi-Prensa, España.
22. CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL. Manual de Evaluación Ambiental para Proyectos de Inversión, Quito, 1994.
23. CRESPI, M. 1995. Revista Química Textil, N° 117. Abril-Junio.
24. CRESPI, M. 1995. Procesos Productivos en la Industria Textil. Seminario de Gestión Ambiental para la Industria Textil. CIT-INTI, Julio 1995, Argentina.
25. Curso de Formación de Auditores en Sistemas de Gestión Medio Ambiental, La Habana, agosto de 1999.
26. DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK. 1990.  
Manual de tratamiento de Aguas Negras. Editorial LIM USA.
27. ECONOMOPOULOS, A. P., 1993. Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution., World Health Organization, Geneva.

28. Environment Canadá, Technical Manual - Waste abatement, Reuse, Recycle and Reduction Opportunities in Industry, Waterloo Industrial Waste Management Program, Enero 1984.
29. EPA, Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. 1972. Pagina web: [www.Epa.gov](http://www.Epa.gov).
30. ERAZO, M., Abril 1957. Apuntes sobre la Geología y Estructura del Valle de Cuenca. Revista de Anales de la Universidad de Cuenca.
31. ESCRIBANO, R.; ARAMBURU, M.P. Estudio de Planificación integral de la Comarca de Albarán en la provincia de Teruel. I.C.O.N.A. Teruel, 1978.
32. ESTRELLA, R.; FICONDI, 1994. Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado. Informe Meteorológico de la ciudad de Azogues, agosto 1994.
33. ESTRELLA, R.; ETAPA. 1995. Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca. Actualización de los Estudios Hidrológicos, Cuenca-Ecuador.
34. FAO. Producción de Alimentos e impacto ambiental. Cumbre Mundial sobre la alimentación, Italia 1996. Internet.
35. FERNANDEZ, G. 1981. Características y tratamiento de los desagues industriales textiles. Buenos Aires, Argentina. Instituto de Tecnología Industrial.
36. FERNANDEZ, G.; FREY, G. 1995. Taller sobre minimización de residuos y producción más limpia en América Latina y el Caribe. México DF.
37. Fines KD Landscape Evaluation. A Research Project in East Sussex. Regional Studies, pag. 41 – 55, 1968.
38. FLUXÁ CEVA, F. 1996. Gestión Medioambiental y calidad total.
39. GARDINER K.D.; BORNE B.J. 1978. Textile waste waters; treatment and environmental effects.
40. DIRECCIÓN NACIONAL DE ALIMENTACIÓN; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. 2002. Gestión Ambiental en la Industria Cárnica, Argentina.
41. DIRECCIÓN NACIONAL DE ALIMENTACIÓN; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. 2002. Gestión Ambiental en la Industria Quesera. Argentina.

42. GÓMEZ OREA, D. 1994. Evaluación de Impacto Ambiental, 2da. Edición, Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid.
43. GÓMEZ OREA, D.; PUIG-PEY P. 1995. Integración ambiental en la planificación de carreteras. Ponencia XIII Symposium Nacional de Vías y Obras de la Administración local. Almagro, España.
44. HOFFMAN, F. 1995. Textiles Panamericanos. 3ª. Edición.
45. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN, 2001.
46. LAMPRECHT JAMES L. ISO 14000. 1999. Directrices para la Implantación de un SGA.
47. LLANES, J. 1999. Valoración económica de impactos ambientales por derrames de petróleo en el Ecosistema Sabana Camaguey. No publicado.
48. Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Registro Oficial No. 57 del 31 - 05-1976.
49. MEJÍA, L.; IGM e IPGH, 1997. Mapa General de Clasificación por Capacidad-Fertilidad de los Suelos, Quito-Ecuador.
50. BRENT SMITH, 1986. North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources, Identification and Reduction of Pollution Sources in Textile Wet Processing, Departamento de Química Textil, Universidad Estatal de Carolina del Norte; Programa de Prevención de la Contaminación.
51. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1982. Rapid assessment of sources of air, water and land pollution. Geneva, WHO.
52. PÁEZ, J. 1996. Introducción a la evaluación del impacto ambiental, Quito, Ecuador.
53. PALAKOWSKI K. LANDSCAPE. 1975. Assessment of the Upper Great Lakes Basin Resources. A macro-geomorphic and microcomposition analysis. In: Zube y col, pags. 203-219.
54. PORTER, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1973, Environmental Protection Technology Service R2-73-058.
55. Proyecto PRECUPA, Prevención de Desastres Naturales en la Cuenca del Paute, Cooperación Ecuador - Suiza, Cuenca, 1998.

56. Proyecto PRECUPA, Informe Final, Tomo I, Componentes Topográficos y Geológicos, CSS-COSUIDE-ETAPA, Cuenca-Ecuador, noviembre 1998
57. Reducción del Impacto del Hormigón. Traducción y adaptación del artículo del Prof P. Kumar Mehta, en Concrete International, octubre de 2001. Internet.
58. Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso agua, Registro Oficial No. 204 del 05 - 06 - 1989.
59. Reglamento Especial a la Ley de Gestión Ambiental de Evaluación de Impactos Ambientales en el Ecuador.
60. Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruidos, Registro Oficial No. 560 del 12 - 11 - 1990.
61. Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo referente al recurso suelo, Registro Oficial No. 989 del 30 - 06 - 1992.
62. Reglamento sobre Desechos Sólidos, Registro Oficial No. 991 del 03 - 08 - 1992.
63. Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para la calidad de aire y sus métodos de medición Registro Oficial No. 726 del 15 - 06 - 1991.
64. Seminario Internacional CANMET/ACI/UPC, Desarrollo Sostenible del Cemento y del Hormigón. España 2002.
65. Departamento de Control de Sustancias Tóxicas de California; la Oficina de Investigación; el Laboratorio de Ingeniería para al Reducción del Riesgo del Desarrollo de USEP. 1991. Source Reduction Research Partnership, Textiles Manufacture - Source Reduction of Chlorinated Solvents, Junio 1991.
66. SUESS, M.; GREFEN, K.; REINISH, W.D. 1985. Ambient air pollutants from industrial sources; a reference handbook. Amsterdam, Etsevier.
67. The world Bank, Industrial Pollution Prevention and Abatement Guidelines: Fruit and Vegetable Industry BKH. Consulting Engineers. 1994.

68. United States Environmental Protection Agency, Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Textile Mills - Point Source Category, EPA 440/1-82/022, Septiembre 1982.
69. VALCARSE POLANCO, A.; BALLESTER MUÑOZ, F. 1991. Los Sistemas de Gestión Ambiental.
70. Water Pollution Control Federation Journal, Julio 1987, Vol. 59.

## ANEXOS

